

HELSINGIN YLIOPISTO

Mustilan arboretumin varttuneiden
havupuiden menestyminen ja
fenotyyppinen vaihtelu

Pro gradu -tutkielma

Metsätieteiden osasto

Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta

Huhtikuu 2020

Tuuli Turunen



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos – Institution – Department Metsätieteiden osasto	
Tekijä – Författare – Author Tuuli Maria Turunen			
Työn nimi – Arbetets titel – Title Mustilan arboretumin varttuneiden havupuiden menestyminen ja fenotyyppinen vaihtelu			
Oppiaine – Lärämne – Subject Metsä- ja suoekosysteemien hoito ja ennallistaminen			
Työn laji – Arbetets art – Level Maisterintutkielma		Aika – Datum – Month and year Huhtikuu 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 66 + liitteet (6)
Tiivistelmä – Referat – Abstarct <p>Mustilan arboretum on Suomen merkittävin yksityisen puulajipuisto, jossa laajamittainen ulkomaisten havupuiden viljely on alkanut 1910-luvulla. Ulkomaisten havupuiden kasvattamisesta koskeva tutkimus on lähtöisin metsätalouden intresseistä, vaikka käytännössä ulkomaisten havupuiden viljelyn pääpaino on siirtynyt viherrakentamisen puolelle. Tämän puulajipuiston inventoinnin tavoitteena oli tuottaa tietoa havupuulajien menestymisestä Mustilan arboretumissa. Lisäksi tavoitteena on ollut tuottaa aineisto, jonka perusteella arboretumin käytännön työssä voidaan tarkentaa lisäysmateriaalin valintaa ja pohtia jalostuksen tarpeellisuutta ja mahdollisuuksia.</p> <p>Tutkimuksessa inventoitiin 41 puulajia, <i>Abies</i>-, <i>Chamaecyparis</i>-, <i>Cupressus</i>-, <i>Larix</i>-, <i>Picea</i>-, <i>Pinus</i>-, <i>Pseudotsuga</i>-, <i>Thuja</i>- ja <i>Tsuga</i>-suvuista. Metsiköistä ja puuryhmistä määriteltiin keskeiset kokotunnukset, tuhot sekä puun laatu ja arvioitiin fenotyyppisen vaihtelun määrää viherrakentamisen kannalta merkityksellisissä ominaisuuksissa. Kuhunkin metsikköön perustettiin 1-4 pysyvää ympyräkoealaa puustomittauksia varten. Fenotyyppistä vaihtelua arvioitiin lisäksi silmänvaraisesti.</p> <p>Tuotettu aineisto on arboretumin käytettävissä ja jokainen inventoitu puu on jäljitettävissä vielä vuosikymmenten päästä. Mustilan arboretumiin tuotujen havupuulajien viljelyksistä useimmat ovat käyttökelpoisia piha- ja puistopuiden lisäysläheteitä. Elinvoimaisimpia lajeja olivat balsamipihta, koreanpihta, ohotanpihta, kuriilienlehtikuusi, siperianlehtikuusi, makedonianmänty ja douglaskuusi. 16 lajilla metsikön puusto ylsi yli 500 m³/ha tilavuuteen. Inventoinnin tuloksena voidaan todeta useamman havupuulajin menestyvän hyvin Etelä-Suomen oloissa, kuin aiemmassa tutkimuksessa on havaittu.</p>			
Avainsanat/Nyckelord – Keywords Arboretum, dendrologia, viherrakentaminen, puulaji, <i>Abies</i> , <i>Chamaecyparis</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Larix</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Pseudotsuga</i> , <i>Thuja</i> , <i>Tsuga</i>			
Säilytyspaikka - Förvaringställe – Where deposited E-thesis [ethesis.helsinki.fi/en]			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information			



Tiedekunta – Fakultet – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos – Institution – Department Department of Forest Sciences
Tekijä – Författare – Author Tuuli Maria Turunen		
Työn nimi – Arbetets titel – Title Performance and phenotypic variance of aged conifers in Mustila arboretum		
Oppiaine – Läröämne – Subject Forest and peatland management and restoration		
Työn laji – Arbetets art – Level Master's thesis	Aika – Datum – Month and year April 2020	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages 66 + appendixes (6)
Tiivistelmä / Referat – Abstract <p>In Arboretum Mustila, the most significant private tree species collection in Finland, cultivation of exotic conifer species began in the 1910s. Finnish research on exotic conifers stems from the interests of commercial forestry although the focus of cultivating these conifers has shifted to horticultural and landscaping use in practice. This study is an inventory aiming to produce knowledge on the performance of conifer plantations in Mustila Arboretum. In addition, the results of the inventory are usable in targeting the selection of reproduction material in the Arboretum and they enable further discussion on benefits and possibilities of breeding exotic conifers.</p> <p>41 tree species from genera <i>Abies</i>, <i>Chamaecyparis</i>, <i>Cupressus</i>, <i>Larix</i>, <i>Picea</i>, <i>Pinus</i>, <i>Pseudotsuga</i>, <i>Thuja</i> and <i>Tsuga</i> were included in the study. Yield parameters, tree quality, tree damages and phenotypic variability in important properties to horticultural landscaping use were assessed in forest stands and tree groups. 1-4 permanent circular plots were established to each forest stand for measurements and additionally phenotypic variance was estimated visually.</p> <p>Results of the inventory are available for the Arboretum and every single tree can be tracked even after decades. Most of the Arboretum's exotic conifer plantations are suitable sources for reproduction of trees for gardens and parks. <i>Abies balsamea</i>, <i>Abies koreana</i>, <i>Abies nephrolepis</i>, <i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i>, <i>Larix sibirica</i>, <i>Pinus peuce</i> and <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i> were most vital of the studied species. Stand volume exceeded 500 m³/ha within 16 species. Results of the inventory indicate that more exotic species perform well in Southern Finnish conditions than former studies have shown.</p>		
Avainsanat - Nyckelord – Keywords Arboretum, dendrology, horticulture, landscaping, tree species, <i>Abies</i> , <i>Chamaecyparis</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Larix</i> , <i>Picea</i> , <i>Pinus</i> , <i>Pseudotsuga</i> , <i>Thuja</i> , <i>Tsuga</i>		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited E-thesis [ethesis.helsinki.fi/en]		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet	3
2	Aineistot ja menetelmät	5
2.1	Puulajiviljelmien inventointi.....	5
2.2	Aineiston laskenta ja analyysi.....	9
3	Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	10
3.1	<i>Abies</i> - Pihdat	10
3.1.1	<i>Abies alba</i> - Saksanpihta.....	10
3.1.2	<i>Abies amabilis</i> - Purppurapihta	10
3.1.3	<i>Abies balsamea</i> - Balsamipihta.....	12
3.1.4	<i>Abies equitrojani</i> - Troijanpihta	13
3.1.5	<i>Abies holophylla</i> - Ussurinpihta	13
3.1.6	<i>Abies homolepis</i> - Nikonpihta	14
3.1.7	<i>Abies koreana</i> - Koreanpihta	14
3.1.8	<i>Abies laciocarpa</i> var. <i>arizonica</i> - Korkkipihta.....	16
3.1.9	<i>Abies mariesii</i> - Honsunpihta.....	16
3.1.10	<i>Abies nephrolepis</i> - Ohotanpihta	17
3.1.11	<i>Abies sachaliensis</i> - Sahalinpihta	19
3.1.12	<i>Abies sibirica</i> - Siperianpihta.....	21
3.1.13	<i>Abies veitchii</i> - Japaninpihta	23
3.2	<i>Chamaecyparis</i> - Valesypressit	24
3.2.1	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> – Lawsonian sypressi	24
3.2.2	<i>Chamaecyparis pisifera</i> - Hernesypressi.....	24
3.3	<i>Cupressus</i> - Sypressit	25
3.3.1	<i>Cupressus nootkatensis</i> - Nuutkansypressi.....	25
3.4	<i>Larix</i> - Lehtikuuset.....	25
3.4.1	<i>Larix decidua</i> var. <i>polonica</i> - Puolenlehtikuusi	25
3.4.2	<i>Larix gmelinii</i> var. <i>japonica</i> - Kuriilienlehtikuusi	26
3.4.3	<i>Larix laricina</i> - Kanadanlehtikuusi.....	28
3.4.4	<i>Larix occidentalis</i> - Lännenlehtikuusi.....	29
3.4.5	<i>Larix olgensis</i> - Olganlehtikuusi	30

3.4.6	<i>Larix sibirica</i> - Siperianlehtikuusi	30
3.4.7	<i>Larix x sibirolepis</i>	32
3.4.8	<i>Larix hybrid</i> 1.....	33
3.4.9	<i>Larix hybrid</i> 2.....	33
3.5	<i>Picea</i> - Kuuset	34
3.5.1	<i>Picea abies</i> ssp. <i>obovata</i> - Siperiankuusi	34
3.5.2	<i>Picea asperata</i> - Kiinankuusi	35
3.5.3	<i>Picea glehnii</i> - Glehninkuusi	36
3.5.4	<i>Picea jezoënsis</i> - Ajaninkuusi	37
3.5.5	<i>Picea omorika</i> - Serbiankuusi	38
3.5.6	<i>Picea x mariorika</i>	40
3.6	<i>Pinus</i> - Männyt	41
3.6.1	<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> - Kontortamänty.....	41
3.6.2	<i>Pinus peuce</i> - Makedonianmänty	42
3.6.3	<i>Pinus cembra</i> ssp. <i>sibirica</i> - Siperiansembra	45
3.7	<i>Pseudotsuga</i> - Douglaskuuset.....	45
3.7.1	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>Glauca</i> - Douglaskuusi	45
3.8	<i>Thuja</i> - Tuijat.....	49
3.8.1	<i>Thuja occidentalis</i> - Kanadantuija	49
3.8.2	<i>Thuja plicata</i> - Jättituija	50
3.9	<i>Tsuga</i> - Hemlokit	51
3.9.1	<i>Tsuga canadensis</i> - Kanadanhemlokki.....	51
3.9.2	<i>Tsuga diversifolia</i> - Japaninhemlokki.....	52
3.9.3	<i>Tsuga heterophylla</i> - Lännehemlokki	53
3.9.4	<i>Tsuga mertensiana</i> - Vuorihemlokki	54
4	Tulosten yhteenvetoa	56
4.1	Virhelähteet.....	56
4.2	Tulosten pohdinta	58
	Kiitokset	63
	Lähteet	64
	Liitteet.....	67

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Ulkomaisia havupuita on istutettu Suomeen 1800-luvulta lähtien. Niukan puulajimäärämme myötä heräsi alun perin kiinnostus löytää lajeja, jotka tuottaisivat puuta metsätalouden tarpeisiin yhtä hyvin tai paremmin kuin kotimaiset puulajimme (Sarvas 1964). Sitten painopiste ulkomaisten puulajien kasvatuksessa on siirtynyt viherrakentamiseen. Havupuut sopivat ympärivuotisen vihreytensä ansiosta erinomaisesti suomalaisen viherrakentamisen tarpeisiin, koska ne säilyttävät ympäri vuoden maisemallisen arvonsa, peitteisyytensä ja kykynsä eristää ääniltä. Ulkomaisista havupuista löytyykin koristeellisia, näyttäviä ja hyväkasvuisia vaihtoehtoja niukan kotimaisen puulajivalikoiman lisäykseksi (Silander ym. 2000). Puuntuotannollisen potentiaalin valjastamista metsätalouteen on puolestaan hillinnyt teollisuuden olematon kysyntä ulkomaisten havupuiden raaka-aineelle.

Mustilan Arboretum on maamme merkittävimpiä yksityisiä puulajipuistoja. A.F. Tigerstedtin vuonna 1902 perustamassa 120 hehtaarin arboretumissa kasvaa nykyään noin 100 havupuulajia, 200 lehtipuulajia ja satamäärin erilaisia pensaita. Havupuuistutukset ovat peräisin 1910-1940 –luvulta (Lumoava metsäpuisto 2010). Mustilan havupuumetsiköissä ei ole aiemmin tehty kattavaa inventointia, joskin arboretumin alkuajoilta on kirjattu yksityiskohtaisia muistiinpanoja puulajien viljelysten onnistumisesta ja taimikoiden kohtaamista tuhoista A. F. Tigerstedtin toimesta (1922). Havupuumetsiköt ovat nyt varttuneita ja osa jo ränsistyneitä, joten joidenkin puulajien kohdalla kiertoajan voidaan katsoa olevan loppuillaan. Havupuiden inventointi oli tarpeen, jotta ehditään selvittää, mitä Mustilan arboretum voi opettaa ulkomaisten havupuiden kasvattamisesta Etelä-Suomessa.

Mustilan arboretum sijaitsee 25 kilometrin päässä Suomenlahdesta, 40-76 metrin korkeudella merenpinnasta. Mustila sijoittuu menestymisvyöhykejaossa II- ja III-vyöhykkeiden rajamaille. Mantereisuuden ja mereisyyden sekoitus vaikuttaa Mustilan kasvuolosuhteisiin. Havupuuistutukset kiertävät mäkeä ja pienilmasto istutusten välillä vaihtelee topografian ja rinteiden suunnan vaikutuksesta. (www.mustila.fi, 2.5.2017)

Suomessa ulkomaisia havupuulajeja laajemmassa mittakaavassa on tutkinut Metsäntutkimuslaitos, nykyinen Luonnonvarakeskus. Selkeyden vuoksi tässä tutkielmassa viitataan nykyisin Luonnonvarakeskuksen hoitamiin koeviljelmiin Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelminä kuten lähdekirjallisuudessakin. Kahdeksan tutkimusaluetta, joille perustettiin laajoja viljelmiä 1920- ja 1930-luvuilla, sijaitsevat Rovaniemen Kivalon tutkimusaluetta lukuun ottamatta Etelä-Suomessa. 1990-luvulla tehtyjen inventointien perusteella 73 mukana olleesta taksonista (64 lajia, 3 alalajia ja 6 muunnosta) löytyi 7 puulajia, jotka voivat suotuisissa olosuhteissa kilpailla tuotoksessa kotimaisten puulajien kanssa (Silander ym. 2000). Suomessa vieraista puulajeista ainoastaan siperianlehtikuusi on saavuttanut suurempaa asemaa metsätalouspuuna (Lepistö ja Napola 2010). Metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksen lähtökohdat olivat metsätalouden tarpeet, mutta viherrakentamisella ja metsätaloudella on myös yhteneviä vaatimuksia hyvälaatuiselle puulle. Tässä tutkielmassa tarkastellaan ulkomaisia havupuita erityisesti viherrakentamisen näkökulmasta, mutta viljelyjen inventoinneista saatavat tiedot ovat käyttökelpoisia myös metsätalouden puolella.

Ei voida yksiselitteisesti määrittää, mikä tekee puusta hyvän viherrakennuspuun. Määritelmä voi vaihdella kohteittain ja lajeittain. Tietyissä tapauksissa voidaan hakea kapealatvuksisia puita tai puita, joiden luontainen uudistuminen on heikkoa. Myös yhtäläisyyksiä metsätalouden tavoitteisiin löytyy. Esimerkiksi nopea kasvu, hyvä lahon, tautien ja hyönteisten kestävyys sekä suorarunkoisuus ovat tavoiteltavia ominaisuuksia niin talousmetsissä kuin viherrakentamisessa. Viherrakentamisessa puun hankinta ja istutus on investointi, jonka kannattavuus on merkittävä tekijä puulajin valinnassa. Siten viherrakennuspuilla pitkä elinikä ja hyvä tuhonkestävyys ovat tärkeitä ominaisuuksia. Esteettiset ominaisuudet määritellään usein luokka-asteikollisesti. Tarkastelun kohteina voi olla esimerkiksi neulasten kunto ja oksakiehkuroiden tasaisuus.

Mustilan arboretum kasvattaa vuosittain vaihtelevan määrän taimia viherrakentamisen tarpeisiin. Nykyään taimia tuotetaan puulajeittain kiinnittäen huomiota soveltuvuusalueisiin. Ulkomaisia havupuita ei ole jalostettu määrätietoisesti kuten kotimaisia puulajeja. Jalostuspotentialin ja tarpeen selvittämiseksi tarvitaan tietoa menestymisestä sekä fenotyypin vaihtelun määrästä. Fenotyypin vaihtelu on geenien ja ympäristön vaikutuksesta muodostuneen ilmiön vaihtelua yksilöiden välillä.

Mikäli merkittävää fenotyypistä vaihtelua löytyy, yksilöiden valinta pluspuiksi olisi kehitysaskel viherrakentamiselle.

Luontaisen taimiaineuksen käyttämiseen uusissa viljelmissä sisältyy riski lajien risteytymisestä epätoivotulla tavalla. On täysin mahdollista, että saman suvun eri lajit, joita ennen erottivat meret tai vuoret, kykenevät samalle paikalle tuotuna risteytymään keskenään. Ongelma muodostuu, kun isälajia ei voida tunnistaa. Tässä tutkimuksessa on mukana kaksi varttunutta lehtikuusiviljelmää, joiden alkuperäpuulaji ei ole tällä hetkellä tiedossa. Geneettinen tutkimus on vielä kustannuksiltaan korkeaa viherrakentamisen tarpeisiin.

Mustilan arboretumiin on tuotu kasveja nimenomaan populaatioina eikä yksilöinä ja selviytymistä verrattain karuissa oloissa määrittää kestävyyserot populaatioiden yksilöiden välillä (Mustila arboretum as... 1992). Luonnonvalinta ohjaa kestävyyspaineista jalostusta oloissa, joissa vuodenaikaisvaihtelu on suurta (Mustila arboretum as... 1992). Havupuiden elinaikana kovimmat pakkaset on mitattu vuonna 1940 lämpötilan laskiessa -43,5 °C:een (www.mustila.fi, 2.5.2017). Puiden elinaikana populaatioissa on siis jo tapahtunut karsiutumista. Viherrakentamisessa tavoiteltavien fenotyyppisten ominaisuuksien, kuten neulasten sinertävyyden, jalostamiseen luonnonvalinta ei kuitenkaan toimi.

Puulajin menestymistä voidaan määrittää monin eri keinoin (Sarvas 1964, Hämet-Ahti ym. 1989). Tässä tutkielmassa menestystä tarkastellaan erityisesti puiden kasvun ja tuotoksen sekä terveyden kautta kuten Metsäntutkimuslaitoksen pitkäaikaisissa tutkimuksissa. Lisäksi yksilön kykyä tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä on pidetty ekologiassa klassisesti menestymisen mittarina, joten tutkielmassa tarkastellaan myös lisääntymiskykyä kukinnan ja käpyrunsauden kautta.

1.2 Työn tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää inventointien avulla Mustilan havupuumetsiköiden nykytila ja kartuttaa tietoa puiden menestymisestä ja fenotyyppisen vaihtelun määrästä.

Keskeiset tutkimuskysymykset olivat:

1. Miten ulkomaiset havupuut ovat menestyneet Mustilassa?
2. Paljonko viherrakentamiselle ja jalostukselle merkityksellistä fenotyyppistä vaihtelua kunkin puulajin sisällä esiintyy?

Lisäksi tärkeää tutkimuksessa oli luoda Mustilan arboretumille käyttökelpoinen ajantasainen inventointiaineisto. Tuloksia voidaan hyödyntää tukena puulajikohtaisen jalostustarpeen arvioinnissa ja metsikköaineiston jokainen puu on jäljitettävissä vielä vuosienkin päästä. Mustilan arboretumin viljelmät eroavat monin tavoin Metsäntutkimuslaitoksen puulajien koeviljelmistä. Metsiköiden huolellinen ja jatkuva ylläpito arboretumissa takaa, että arboretumin henkilöstö tuntee erinomaisesti kunkin viljelmän erityispiirteet ja nykytilan, mutta inventointi on ainoa keino tuottaa tarkkaa ja eksaktia tietoa puulajien menestymisestä.

Kullakin puulajilla on lajityypillisiä piirteitä, joista on kirjoittanut kattavasti muun muassa Sarvas (1946) ja Hämet-Ahti ym. (1996). Tässä tutkimuksessa tulosten tarkastelussa pyritään keskittymään ulkomuotoseikkojen osalta merkitykselliseen vaihteluun toistamatta jo tunnettuja lajien ominaisuuksia kuten käpyjen muotoa tai neulasten ja oksien jakautumista.

2 Aineistot ja menetelmät

2.1 Puulajiviljelmien inventointi

Mustilan arboretumin varttuneet havupuumetsiköt ja -ryhmät inventoitiin touko-heinäkuussa 2017. Inventoitujen havupuumetsikköjen rinnankorkeusikä vaihteli 43-102 vuoden välillä ja mediaani-ikä oli 81 vuotta. Puuntuotannollisesta näkökulmasta suurin osa metsistä oli siis kehitysvaiheessa, josta voidaan helposti tehdä koko elinkaaren käsittäviä päätelmiä puiden menestymisestä. Osa metsiköistä oli päässyt ränsistymään ja elinvoimaisuus heikentymään erilaisten tuhojen seurauksena, minkä vuoksi inventointi oli tärkeää suorittaa pikaisesti.

Arboretumin viljelmiä on hoidettu tavanomaisin metsänhoidollisin menetelmin ja hakkuin. Toimenpiteiden ajoituksesta ja harvennuspoistumasta ei kuitenkaan ole saatavilla tarkkaa kirjanpitoa tutkimuksen tarpeisiin, joten ei ollut mahdollista selvittää esimerkiksi metsiköiden kokonaistuotosta tai toimenpiteiden merkitystä fenotyyppiselle vaihtelulle.

Tutkimuksessa on mukana 41 havupuulajia ja tutkimus käsittää siten enemmistön arboretumissa kasvavista havupuulajeista. Inventoinnin yhteydessä ei käsitelty tuhoutuneiden viljelmien tietoja. Havupuiden alkukehityksestä ja taimikko- sekä nuoren metsänvaiheissa tapahtuneista tuhoista löytyy seikkaperäistä tietoa Mustilan Kotikunnas I -kirjasta (Tigerstedt 1922).

Alkuperän katsotaan selittävän eroja saman puulajin eri viljelmien menestymisessä Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmillä (Silander ym. 2000). Mustilaan saatujen siemenerien rekisteri on osin puutteellinen ja epätarkka, mutta alkuperien tiedetään osin eroavan Metsäntutkimuslaitoksen käyttämistä alkuperistä.

Jokaiseen metsikköön perustettiin koosta riippuen 1-4 pysyvää ympyräkoalaa, jolta mitattiin varttuneet puut 9 metrin säteellä. Koealat sijoitettiin satunnaisesti metsiköiden sisään siten, ettei koealoihin lukeutunut puita, joiden latvukset muodostavat metsikön reunan. Metsiköiden pinta-ala vaihteli suuresti 0,07-3,2 hehtaarin välillä, mutta painottui pienialaisiin metsiköihin. Pienialaisissa metsiköissä pyrittiin sijoittelemaan koealat

maksimoiden koealojen määrä riittävän lukupuuotannan varmistamiseksi. Laaja-alaisissa metsiköissä koealat sijoitettiin mahdollisimman tasaisesti eri puolille metsikköä. Mustilan arboretumin metsiköistä ei ole tarkkaa kuviokarttaa, minkä vuoksi koealojen keskipisteiden sijainnit päätettiin maastossa yllämainittuja periaatteita noudattaen.

Koealoilla suoritettut mittaukset perustuvat valtakunnan metsien inventoinnin -maasto-ohjeisiin (Korhonen 2017) sekä metsikkökokeiden maastotyöohjeeseen (Vuokila 1987). Koetunnuksien valintojen taustalla on Metsäntutkimuslaitoksen aikaisemmat tutkimukset (Lähde ym. 1984), jotta inventoinnin tuloksia voidaan verrata Suomessa aiemmin saatuihin tuloksiin. Kullekin lukupuulle kirjattiin puukohtaisten tuhojen määrästä riippuen 6-16 mittaukseen ja silmänvaraiseen arviointiin perustuvaa tunnusta. Lukupuista valikoitiin rinnankorkeusläpimitan mukaisessa järjestyksessä joka toinen puu pituuskoepuiksi, joista mitattiin neljä korkeustunnusta Vertex-korkeusmittarilla. Koealoilta kirjattiin lukupuiden mittauksen yhteydessä neljä metsikkötunnusta. Sen lisäksi jokaisessa metsikössä käytiin erikseen havainnoimassa kukintaa, käpyrunsautta ja fenotyypin vaihtelun määrää. Kussakin metsikössä kairattiin vain yksi puu iän selvittämiseksi mahdollisimman vähäisin vahingoin. Kaikki iät on ilmoitettu rinnankorkeusikänä. Kaikki tiedot (Taulukko 1) puista, ryhmistä ja metsiköistä kerättiin maastotabletille Excel-taulukkoon tiedonsiirron virheiden minimoimiseksi.

Metsikkömittaukset käsittivät 804 lukupuuta ja 51 metsikköä, jotka edustavat 28 eri puulajia. Koealojen keskipisteet on merkattu maastoon hiilikuitukepeillä, joiden päähän on kiinnitetty alumiinilaatta numerotunnisteella. Yksittäisten puiden löytäminen esimerkiksi jalostuspotentiaalin lisäselvityksiä tai metsiköiden seuranta tutkimuksia varten onnistuu helposti kartan sekä kerättyjen etäisyys- ja suuntatunnusten avulla.

Puuryhmiksi luokiteltiin ryhmät, joille ei voitu perustaa 9 metrin säteistä koealaa ilman, että koealaan olisi lukeutunut puita, joiden latvukset muodostavat osaltaan puuryhmän reunan joko avoimen alueen tai toisen metsikön kanssa. Puuryhmistä mitattiin kolme silmämääräisesti valtapuulta näyttävää puuta pituuskoepuina ja kukintaa, käpyrunsautta ja fenotyypistä vaihtelua arvioitiin samoilla periaatteilla kuin metsiköissä. Inventoinnissa mitattiin puuryhmien mittauksen yhteydessä myös eräitä yksittäisiä puita, jotka ovat erityisen merkityksellisiä korkean ikänsä tai edustamansa harvinaisen puulajin vuoksi.

Taulukko 1. Puulajiviljelmien inventoinnin mittaustunnukset.

Lukupuutunnukset	Metsikkötunnukset koeloittain
Puunumero	Koecalanumero
Suunta	Puulaji
Rinnankorkeusläpimitta (mm)	Metsätyyppi
Etäisyys (m)	PPA keskipiste
Puuluokka	
Latvuserkos	Metsikkötunnukset metsiköittäin
Rungon suoruus	Haaroittuneiden puiden osuus
Tuho 1	Haaroittumiskorkeus
Tuhon 1 syntyajankohta	Kukintojen runsaus
Tuhon 1 aiheuttaja	Käpyrunsaus
Tuhoaste 1	Ikä $h_{1,3}$
Tuhon 1 esteettinen haitta	
Tuho 2	Fenotyyppinen vaihtelu metsiköittäin
Tuhon 2 syntyajankohta	Neulasten sinertävyys
Tuhon 2 aiheuttaja	Harsuuntumisaste
Tuhoaste 2	Latvuksen leveys
Tuhon 2 esteettinen haitta	Oksakulma
	Kukintorunsaus
	Käpyrunsaus
	Haaroittuneiden puiden osuus
Pituuskoepuutunnukset	
Pituus (dm)	
Viisivuotiskasvu (dm)	
Kuivaoksaraja (dm)	
Elävän latvuksen raja (dm)	

Arvioitaviksi fenotyyppisiksi ominaisuuksiksi valittiin erityisesti viherrakentamisen kannalta merkityksellisiä ominaisuuksia (Taulukko 1). Ominaisuudet ovat joko maisemallisesti merkittäviä tai indikoivat puun elinvoimaisuutta. Esimerkiksi alttius haaroittumiseen nostaa puun riskiä saada runkovaurio ja lahottajasieni-infektio. Fenotyyppistä vaihtelua metsikön tai puuryhmän puuyksilöiden välillä arvioitiin kunkin

ominaisuuden kohdalla silmänvaraisesti luokka-asteikolla 0 = ei vaihtelua, 1 = jonkin verran vaihtelua, 2 = runsaasti vaihtelua.

Kukintaa ja käpyrunsautta havainnoitiin kiikareiden avulla tarkastellen puusta ylimmän viiden oksakiehkuran kukinto- ja käpymäärää. Havainnot kirjattiin luokka-asteikoittain 0 = ei käpyjä/kukintoja, 1 = jonkin verran käpyjä/kukintoja, 2 = runsaasti käpyjä/kukintoja. Kustakin puuryhmästä ja metsiköstä kiikaroitiin viisi erillään sijaitsevaa puuyksilöä. Kukintaa havainnoitiin juhannusta edeltävällä viikolla.



Kuva 1. Kahden pihtalajin kukintojen määrän tulkintaa: vasemmalla kukintorunsaus 1 ja oikealla kukintorunsaus 2.



Kuva 2. Havainnekuva käpymäärän tulkinnasta makedonianmännyllä: vasemmalla käpyrunsaus 1 ja oikealla 2.

2.2 Aineiston laskenta ja analyysi

Kaikkien viljelmien puustotunnusten laskennassa on käytetty Excel-taulukointiohjelmaa. Tuloksissa on esitetty pituudet valtapuiden keskiarvona ja läpimitat kaikkien puiden aritmeettisena keskiarvona. Tilavuuslaskentoja varten jokaiselle lukupuulle estimoitii pituus pituuskoepuiden tietojen perusteella. Metsiköiden tilavuudet on laskettu Laasasenahon (1982) tilavuusyhtälöillä rinnankorkeusläpimitan ja pituuden avulla. Männyn kuutioimisytälöitä käytettiin mänty-, douglaskuusi, ja hemlokkilajeille, kuusen kuutioimisytälöitä kuusi-, pihta- ja tuijalajeille. Siperienlehtikuusen tilavuuden laskettiin Vuokilan (1960) lehtikuusen kuutioimisytälöillä.

Elävän latvuksen osuus pituudesta ja oksattoman rungon osuus tilavuudesta on ilmoitettu tuloksissa mitattujen pituuskoepuiden keskiarvona. Metsiköiden yleisimpänä tuhona on ilmoitettu lukupuulta löytyneistä tuhoista havaintomäärältään yleisin ja tasatilanteissa haitallisin tuho. Tutkimuksessa ei pyritty mittaamaan jokaisen puulajin kookkainta yksilöä, joten tuloksissa kultakin lajilta ilmoitetut kookkaimman puun mitat ovat koealaotantaan kuuluneita puita.

Tutkimuksen tavoitteiden mukaisesti tulokset ja tulosten tarkastelu on esitetty puulajikohtaisesti. Kaikkien inventoitujen puulajien, metsiköiden ja ryhmien tiedot on esitetty kokoavasti liitteissä 1, 2 ja 3 mahdollistaen myös puulajien välisen vertailun.

3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.1 *Abies* - Pihdat

3.1.1 *Abies alba* - Saksanpihta

Saksanpihtaa kasvaa Mustilassa ryhmänä, jonka puustotunnukset olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R52	68			25,5	45,4	73 %	

Saksanpihdoissa on Mustilassa runsaasti pakkasen aiheuttamia runkovaurioita, jotka huonontavat merkittävästi puiden teknistä laatua, vaikka puut ovat suorarunkoisia. Talvipakkasten selkeä merkitys saksanpihdan menestymiselle havaittiin myös Metsäntutkimuslaitoksen puulajikokeissa (Silander ym. 2000). Puiden keskimääräinen 12 desimetrin viisivuotiskasvu viittaa kuitenkin jäljelle jääneiden yksilöiden menestyvän hyvin eikä pakkasvaurioita vaikuta syntyneen puiden elinkaaren jälkipuolella. Saksanpihta tuotti runsaasti kukintoja ja käpyjä inventointivuonna.

Mustilan saksanpihtaryhmä oli fenotyyppisiltä ominaisuuksiltaan täysin homogeeninen (liite 2). Tärkeimpänä jalostustekijänä voidaankin saksanpihdan osalta pitää luontaista valintaa. Pakkasia kestäneet eloonjääneet yksilöt sopivat hyvin tuottamaan lisäysmateriaalia viherrakentamisen tarpeisiin etelärannikolla.

3.1.2 *Abies amabilis* - Purppurapihta

Mustilan purppurapihtaviljelmistä yksi täyttää inventoinnissa metsikölle asetetut kriteerit, mutta myös yksilöt ja ryhmät ovat merkittäviä korkean ikänsä vuoksi. Viljelmien puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M1	68	597	301	28,3	56,7	35 %	8 %
Y53	e			24,3	56,3	77 %	
R54	e			34,4	75,5	86 %	
R55	71			28,5	45,7	80 %	

Aineiston kookkain purppurapihta oli läpimitaltaan 87 cm ja pituudeltaan 36,4 m. Purppurapihta on menestynyt Mustilassa verrattain hyvin, kun taas Metsäntutkimuslaitoksen puulajikokeissa purppurapihtaistutukset ovat kärsineet tuhoista ja tuottaneet heikosti käpyjä (Silander ym. 2000). Puut ovat kasvaneet kookkaiksi ja tuottivat runsaasti kukintoja ja käpyjä.



Kuva 3. Mustilan vanhimmat ja kookkaimmat purppurapihdet (R54).



Kuva 4. Purppurapihtaviljelmät ovat kestäneet kovia talvia varsin hyvin, mutta metsikössä M1 esiintyi myös yksittäisiä pakkasen aiheuttamia runkovaurioita.

Laji tunnetaan koristeellisesta muodostaan ja Mustilan purppurapihdet antavat rohkaisua lisätä lajin käyttöä viherrakentamisessa. Mustilassa yksi merkittävimmistä tuhoista purppurapihdalla oli pakkasen aiheuttamat vauriot. Istutukset ovat kuitenkin varsin vanhoja

ja kärsineet siten viime vuosisadalla kovista pakkasista. Huomioiden Etelä-Suomen talvien leudontuvan ilmastonmuutoksen myötä voidaan lajia suositella viherrakentamiseen. Purppurapihtametsikössä ei esiintynyt muita tuhoja.

Pakkasenkestävyydessä vaikuttaa olevan eroja yksilöiden välillä, minkä vuoksi lisäysmateriaalin tarkempi valinta voisi tuottaa paremmin kestäviä yksilöitä viherrakentamisen tarpeisiin. Pakkasen aiheuttamat runkovauriot altistavat puita ennenaikaiselle lahoamiselle. Fenotyyppistä vaihtelua yksilöiden välillä havaittiin oksakulmassa sekä kukintorunsaudessa (liite 2).

3.1.3 *Abies balsamea* - Balsamipihta

Mustilan ainoa balsamipihtametsikkö on pienehkö siperianpihtojen ympäröimä istutus.

Metsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M2	92	505	354	31,2	39,0	56 %	20 %

Balsamipihdan neulasterveys on ollut Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä erittäin heikko ja puita on menehtynyt havukirvatuhoihin (Silander ym. 2000). Myös Mustilassa pihtakirvaa (*Adelges pectinatae*) on löydetty etenkin balsamipihdan taimista ja varjossa kasvavilta puilta, mutta neulastuhoja ei havaittu lainkaan inventoiduissa lukupuissa, jotka ovat kookkaita ja hyväkasvuisia. Yleisin tuho oli latvanvaihto, jonka esiintyvyys metsikössä oli 22 %. Muutoin puut olivat terveitä, täysin suorarunkoisia ja täyttivät tukkipuun kriteerit. Aineiston kookkain balsamipihta oli läpimitaltaan 40 cm ja pituudeltaan 31,2 m.

Fenotyyppistä vaihtelua esiintyi vain hieman harsuuntumisasteessa ja kukinto- ja käpyrunsaudessa (liite 2). Niukan aineiston perusteella ei voida tulkita, kuinka suurta vaikutusta jalostuksella olisi lisäysmateriaalin laatuun.

3.1.4 *Abies equitrojaniae* - Troijanpihta

Troijanpihtaa kasvaa Mustilassa pienenä ryhmänä suojaisella etelärinteellä. Ryhmän puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R56	32			15,4	26,1	89 %	

Troijanpihdat olivat inventoinnin nuorimmat puut eikä koko kiertoaikaa koskevia päätelmiä voida tehdä tulosten perusteella. Laji on kuitenkin kiinnostava, sillä se ei ole mukana Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelyissä ja sitä on viljelty Suomessa varsin vähän. Mitatuissa valtapuissa esiintyi pakkasen aiheuttamia runkovaurioita ja todennäköisesti latvanvaihtojen aiheuttamia muotovikoja. Viime vuosina pakkasen ei ole kuitenkaan palelluttanut troijanpihtojen latvoja ja valtapuiden viisivuotiskasvu oli keskimäärin 19 dm. Kukintoja ja käpyjä ei havaittu inventointivuonna. Troijanpihdan viljely suurempana populaationa olisi välttämätöntä, mikäli puulajista tavoitellaan yhtä kattavia tietoja kuin arboretumin muut havupuumetsiköt tuottavat. Myös luonnonvalinnan voidaan katsoa tuottavan paremmin tuloksia isommissa populaatioissa.

3.1.5 *Abies holophylla* - Ussurinpihta

Ussurinpihtaa kasvaa Mustilassa eri-ikäisinä ja -kokoisina viljelminä, joiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M3	76	431	275	26,5	46,7	28 %	27 %
Y57	e			27,6	69,4	72 %	
R58	48			21,4	41,3	68 %	

Mustilan kookkain ussurinpihta on yksittäinen puu Y57. Ussurinpihtaviljelmät olivat elinvoimaisia ja inventoidut puut terveitä. Ryhmän R58 puilla oli laatua heikentäviä runko- ja muotovikoja ja lähes kaikki metsikön M3 puut olivat joko käyriä tai mutkaisia. Mustilassa kasvavat ussurinpihdat poikkeavat kuitenkin huomattavasti Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmien metsiköistä, joissa puut ovat tuhoutuneet tai

kärsineet pakkasista, mutta jäljelle jääneet puut ovat olleet teknisesti laadukkaita (Silander ym. 2000). Ussurinpihdat tuottivat inventointivuonna runsaasti käpyjä. Merkittävää fenotyyppistä vaihtelua ei esiintynyt tutkituissa luokka-asteikollisissa muuttujissa (liite 2).

3.1.6 *Abies homolepis* - Nikonpihta

Mustilan ainoan varttuneen nikonpihdan tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
Y59	e			16,0	48,1	84 %	

Puussa oli sekä muotovikoja että silmin havaittavaa lahoa. Myöskään metsäntutkimuslaitoksen tutkimustulokset eivät rohkaise lajin käyttöön niin metsätaloudessa kuin viherrakentamisessakaan.

3.1.7 *Abies koreana* - Koreanpihta

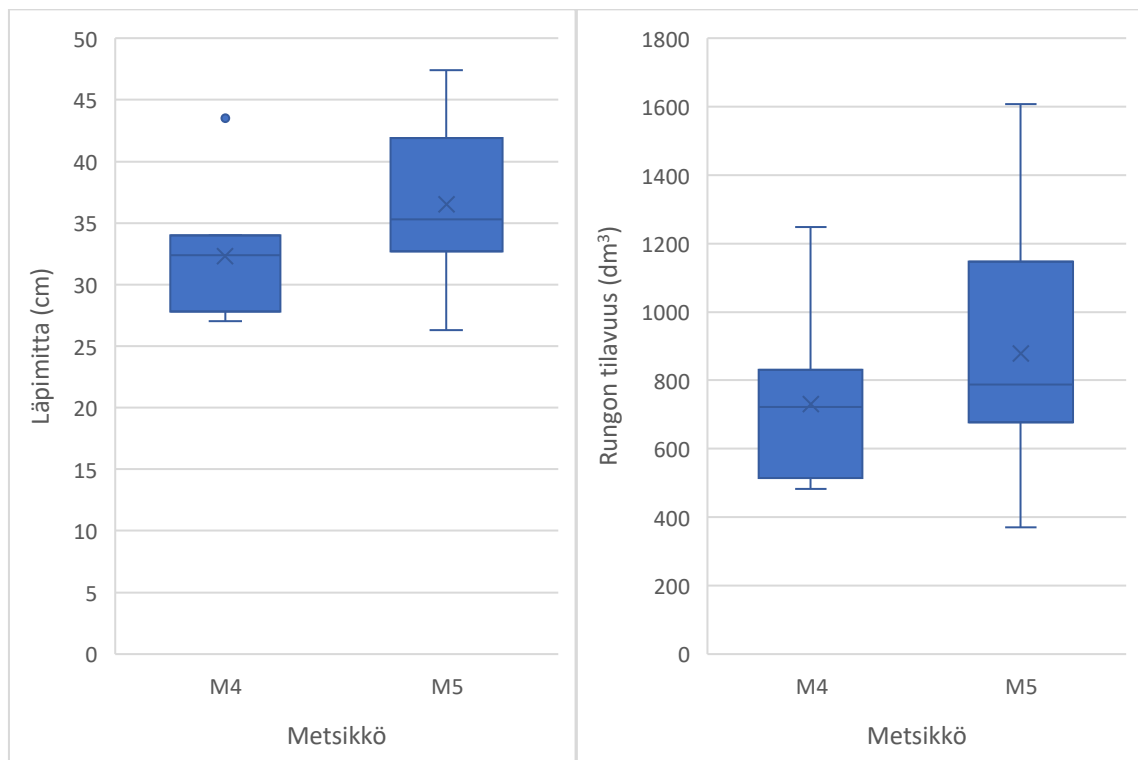
Mustilan koreanpihtaviljelmät sijaitsevat lähekkäin. Metsiköiden puustotunnukset olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M4	79	201	275	21,2	36,9	46 %	18 %
M5	85	276	314	21,2	42,8	42 %	18 %

Aineiston kookkain koreanpihta oli pituudeltaan 23,8 m ja läpimitaltaan 47 cm. Metsiköiden puut olivat terveitä, mutta teknistä laatua heikentäviä tuhoja esiintyi hieman. Molemmissa metsiköissä vain alle 30% rungoista oli suoria, mutta tukkien laatuvaatimukset täyttäviä rungonosia löytyi silti lähes kaikista käyristä ja mutkaisistakin puista. Viherrakentamisen kannalta on tärkeää, että laatuviat eivät sellaisenaan edistä puiden lahoamista. Koreanpihta tuotti runsaasti kukintoja ja käpyjä.



Kuva 5. Mustilan koreanpihdat ovat pääosin lenkoja ja mutkaisia, mutta viherrakentamisen näkökulmasta metsikön yleisilme voi olla viehättävä (M5).



Kuva 6. Koreanpihtametsiköiden läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Metsiköiden keskeisten kokotunnusten keskiarvot ovat lähellä toisiaan, mutta metsiköiden sisäinen vaihteluväli on suuri. Koreanpihta ei kuitenkaan ole metsätalouden näkökulmasta

kiinnostava laji rungon laatuviikojen vuoksi. Metsiköt olivat myös täysin homogeenisiä tarkastelussa olleiden ominaisuuksien suhteen (liite 2). Kumpaakin metsikköä voidaan pitää hyvänä lisäyslähteenä viherrakentamisen taimiaineksen tuottamisen.

3.1.8 *Abies laciocarpa* var. *arizonica* - Korkkipihta

Mustilaan istutetuista korkkipihdoista on jäljellä kaksi puuyksilöä, joiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R60	e			24,9	36,0	39 %	

Aivan kuten Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä (Silander ym. 2000) myös Mustilassa korkkipihdan oksat ovat karsiutuneet huonosti ja elävän latvuksen osuus on pieni. Molemmissa puissa on elinvoimaisuutta voimakkaasti heikentävää neulas-katoa kaikenikäisissä neulasissa ja puiden yleisilme on ränsistynyt. Puut tuottivat jonkin verran käpyjä. Mustilan puut ovat kookkaampia kuin Metsäntutkimuslaitoksen viljelemien lajitoverit Solbölessä (Silander ym. 2000), mutta lajin ei voida katsoa menestyneen Suomessa hyvin.

3.1.9 *Abies mariesii* - Honsunpihta

Honsunpihtaa on Mustilassa jäljellä pieni ryhmä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R61	e			13,8	39,9	83 %	

Honsunpihdoilla esiintyi runsaasti latvanvaihtoja sekä pensastunutta latvaa. Honsunpihtojen siemenet saatiin Japanista vuosina 1908 ja 1909 (Tigerstedt 1922) eli puut ovat varsin iäkkäitä ja jäljellä jäänyt kanta on kestänyt hyvin sään ääri-ilmiöitä. Tuhoja esiintyi ryhmässä runsaasti, yleisimpänä rungon muotoviat ja pensastunut latva. Suurin osa tuhoista ja laatuviioista ei kuitenkaan merkittävästi heikennä elinvoimaa. Laji on ollut

Mustilassa hidaskasvuinen läpi puiden elinkaaren ja suurimmankin puun läpimitta on 42 cm ja pituus vain 15,6 m.

Vioistaan huolimatta honsunpihdan eksoottinen ulkonäkö, tiheät vahamaiset neulaset, pörröiset oksat ja sinimustat kävyt ovat omiaan tuomaan vaihtelua viherrakentamisen havupuuvalikoimaan. Fenotyyppistä vaihtelua esiintyi neulasten harsuuntumisasteessa ja oksakulmassa (liite 2).



Kuva 7. Honshunpihtoja on jäljellä vain pieni ryhmä, josta voidaan olettaa saatavan Etelä-Suomen ilmastoon soveltuvaa materiaalia viherrakentamiseen.

3.1.10 *Abies nephrolepis* - Ohotanpihta

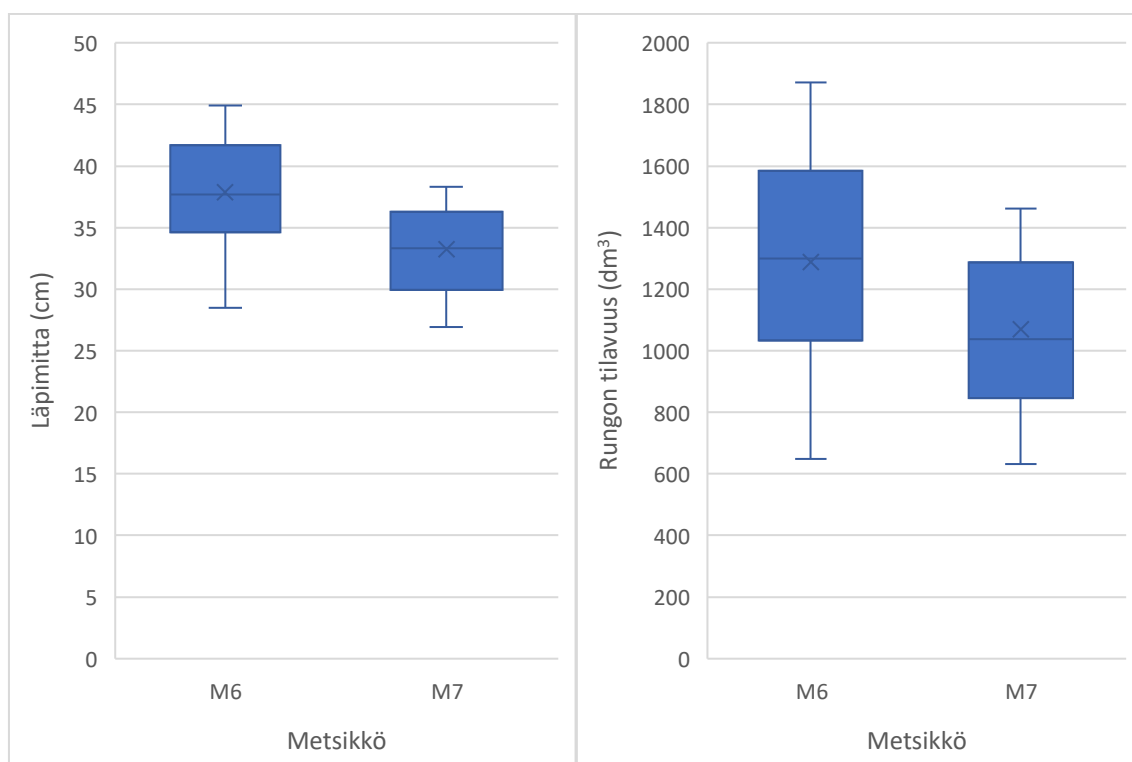
Mustilan ohotanpihtaviljelmistä kaksi täyttivät tutkimuksen kriteerit metsikölle. Tasaaisessa maastossa sijaitsevan metsikön M6 kasvupaikka oli MT ja pohjoisrinteen alaosassa sijaitsevan metsikön M7 OMT. Viljelmien puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M6	67	430	334	27,9	43,3	35 %	14 %
M7	86	378	354	28,2	37,0	51 %	23 %
R62	e			24,0	49,7	78 %	

Ohotanpihtaviljelmät ovat menestyneet Mustilassa hyvin. Aineiston suurin ohotanpihta oli läpimitaltaan 45 cm ja pituudeltaan 28,9 m. Metsikön M6 puissa esiintyi yksittäisiä vähämerkityksellisiä vikoja ja metsikön M7 puut olivat täysin terveitä. Metsiköiden elävät latvukset olivat hyvin supistuneita verrattuna valoisassa tilassa kasvaviin ryhmän R62 puihin. Metsäteollisuuden näkökulmasta merkittävää on, että kuolleet oksat karsiutuvat rungoista heikosti huonontaen tukiin laatua. Oksien heikko karsiutuminen voi tuottaa myös esteettistä haittaa, mikäli ohotanpihtaa viljellään tiiviinä ryhminä. Kuivaoksarajan korkeudessa ei ollut merkittäviä eroja puiden välillä. Ohotanpihta kukki ja tuotti runsaasti käpyjä inventointivuonna 2017. Mustilassa saadut viljelytulokset ovat kaiken kaikkiaan merkittävästi parempia kuin Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä, joissa puut kärsivät pahoin pakkas- ja lumivaurioista ja tunnistamattomasta tappavasta tuhonaihettajasta (Silander ym. 2000).



Kuva 8. Ohotanpihtametsikön M6 puiden latvukset ovat hyväkuntoisia ja kauniita.



Kuva 9. Ohotanpihdan läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Metsikössä M6 esiintyi suurempaa vaihtelua keskeisissä kokotunnuksissa ja puut olivat keskimäärin isompia kuin metsikössä M7 kasvupaikkatyyppin indikoimasta vähäisemmästä ravinteisuudesta huolimatta. Suuren vaihtelun ja elinvoimaisuuden myötä tarkemmalla jalostusmateriaalin valinnalla voitaisiin saavuttaa vieläkin parempia tuloksia ohotanpihdan viljelyssä. Mustilan ohotanpihdat ovat Etelä-Suomen ilmastoon hyvin sopivaa alkuperää.

3.1.11 *Abies sachaliensis* - Sahalinpihta

Sahalinpihtaa kasvaa Mustilassa pienenä hieman hajanaisena metsikkönä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M8	98	668	314	27,7	55,0	37 %	16 %

Kookkain mitattu puu oli läpimitaltaan 57 cm ja pituudeltaan 26,4 m. Muutamia metsikön puista vaivasi elinvoimaa ja tukkipuusaantoa heikentävät runkoviat ja yli kolmannes puista oli lenkoja, mutta kaikista rungoista oli silti saatavissa vähintään yksi tukki. Runkovikojen

aiheuttaja on tuntematon, mutta kyseessä voi olla viereisen metsikön hakkuiden aiheuttamat vauriot tai puiden elinvoiman ja vastustuskyvyn heikentyminen korkeassa iässä. Fenotyyppisiltä ominaisuuksiltaan metsikkö on hyvin homogeeninen (liite 2), ja lahoa aiheuttavat viat ovatkin merkittävän löydös viherrakentamisen kannalta. Tyvilahoa on havaittu myös Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä (Silander ym. 2000). Mikäli osa puista vastustaa lahoa paremmin, ovat nämä puut pitkäikäisiin istutuksiin tähtäävälle viherrakentamiselle parempaa jalostusmateriaalia. Järeät sahalinpihdat edustavat Mustilan puustoisimpia pihtametsiköitä, mutta puun tekninen laatu on heikkoa metsäteollisuuden käyttöön. Puut kukkivat ja tuottivat runsaasti käpyjä.



Kuva 10. Sahalinpihdalla on korkea puuntuotos, mutta alttiutta tyvilaholle.

3.1.12 *Abies sibirica* - Siperianpihta

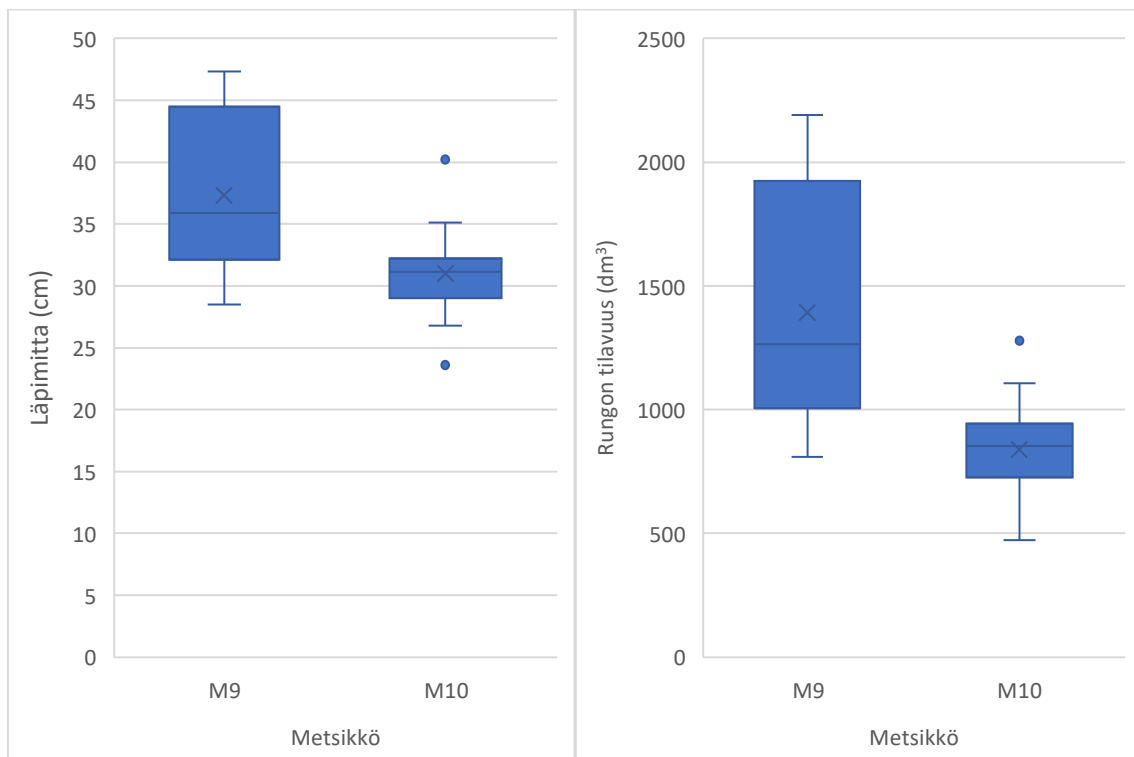
Siperianpihta kuuluu Suomessa tunnetuimpiin ulkomaisiin havupuulajeihin. Mustilan kahden metsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M9	93	383	275	29,7	43,8	42 %	29 %
M10	75	297	354	25,0	34,6	55 %	24 %

Aineiston suurin puu oli 30,8 m pitkä ja läpimitaltaan 47 cm. Teknisiltä ominaisuuksiltaan molemmat metsiköt olivat erinomaisia ja suorissa rungoissa tukkipuun osuus on suuri. Metsikössä M9 yleisin tuho oli monilatvaisuus: 100 % koepuista ja noin 60 % koko metsiköstä. Haaroittuneiden latvojen osuus metsikössä M10 oli 40 %. Metsikön M10 yleisin tuho oli voimakkaasti elinvoimaa heikentävä neulaskato kaikenikäisissä neulasissa. Osa metsikön puista oli kuitenkin täysin terveitä. Mielenkiintoisesti vanhemman M9 metsikön neulasterveys oli yleisesti huomattavasti parempi ja kevyttä neulaskatoa havaittavissa vain yksittäisillä puilla. Kerättyjen tietojen pohjalta ei voida sanoa, johtuuko alttius neulaskatoon sijainnista riippuvista abioottisista tai bioottisista tekijöistä. Metsikön M10 ympäristössä ei kuitenkaan havaittu muilla pihatalajeilla mainittavaa neulaskatoa, joten metsikköä M9 voidaan pitää varmemmin sopivana lisäyslähteenä tulevien puusukupolvien neulasterveyden varmistamiseksi.



Kuva 11. Siperianpihtametsikön M10 latvukset ovat korkealta haaroittuneita.



Kuva 12. Siperianpihtametsiköiden läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Siperianpihtametsiköiden välistä vaihtelua kokotunnuksissa selittävät niin ikä kuin metsikön terveydentila. Metsikössä M9 yksilöiden välinen kokovaihtelu on suurta.

Metsikkö M9 oli hyvin homogeeninen tarkasteltujen fenotyyppisten ominaisuuksien suhteen, kun taas metsikössä M10 oli yksilöiden välistä vaihtelua niin neulaskadossa, latvuksen leveydessä, kuin kukinto- ja käpyrunsaudessa (liite 2).

3.1.13 *Abies veitchii* - Japaninpihta

Mustilan ainoan japaninpihtametsikön puustotunnukset olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M11	72	527	354	27,0	47,3	53 %	21 %

Aineiston kookkain puu oli 26,5 metriä pitkä ja sen läpimitta oli 49 cm. Puut olivat terveitä ja suorarunkoisia, vaikkakin latvojen haaroittumista ja rungon muotovikoja esiintyi vähäisissä määrin. Kukinta ja käpymäärä oli runsas inventointikesänä.



Kuva 13. Japaninpihtametsikön yleisilmeeseen vaikuttaa puiden tapa kasvaa kallelleen, mikä on ollut tyypillistä myös Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmillä (Silander ym. 2000).

Metsikössä esiintyi jonkin verran fenotyyppistä vaihtelua oksakulmassa sekä latvuksen leveydessä (liite 2). Kyseiset ominaisuudet ovat maisemallisesti merkittäviä ja siten

viherrakentamisen kannalta kiinnostavia. Aiemmin saadut tulokset eivät rohkaise lajin käyttöön metsätaloudessa neulastuho- ja tyvilahoalttiuden sekä paksuoksaisuuden ja laatuviikojen vuoksi eikä Mustilan metsikkö muuta tätä käsitystä. Kuitenkin vuosikymmenten sään ääri-ilmiöstä Mustilassa selvinneet yksilöt ovat terveempiä ja elinvoimaisempia kuin Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmien tulosten (Silander ym. 2000) perusteella voisi olettaa.

3.2 *Chamaecyparis* - Valesypressit

3.2.1 *Chamaecyparis lawsoniana* – Lawsonian sypressi

Lawsonian sypressiä kasvaa Mustilassa yksi yksilö nuutkansypressien ympäröimänä. Puun tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
Y63	e			6,0	9,7	90 %	

Tämä jättiläislaji menestyy Suomessa, Mustila mukaan lukien, ilmeisen huonosti. Metsäntutkimuslaitoksen viljelmistä kaikki ovat tuhoutuneet (Silander ym. 2000) ja Mustilan yksilö on tiedossa olevista puista kookkain (Karhu 1995). Puussa oli rungon muotovikoja sekä värivirheitä kaikenikäisissä neulasissa.

3.2.2 *Chamaecyparis pisifera* - Hernesypressi

Mustilassa kasvaa hernesypressiä kahdessa ryhmässä, joiden tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R64	e			13,0	15,1	69 %	
R65	e			16,1	22,6	48 %	

Mitatut hernesypressit olivat lenkoja ja mutkaisia ja kokoluokaltaan kuitupuita. Myös haaroittuminen oli yleistä. Yleisin tuho oli tukkipuusaantoa heikentävä rungon muotovika, jonka lisäksi oli havaittavissa vähäisiä väriovikoja kaikenikäisissä neulasissa. Mainittavia

elinikää heikentäviä tuhoja ei inventoinnissa löytynyt. Hernesypressi tuotti inventointivuonna jonkin verran käpyjä.

3.3 *Cupressus* - Sypressit

3.3.1 *Cupressus nootkatensis* - Nuutkansypressi

Nuutkansypressiryhmän puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R66	e			10,9	16,6	72 %	

Puuryhmän rungot olivat haaroittuneita, mutkaisia ja kokoluokaltaan kuitupuita. Tuhoja esiintyi laajalti koko ryhmässä, yleisimpinä kaikenikäisten neulasten väriviat ja neulaskato. Tuhoaste oli elinvoimaa lievästi heikentävä ja jatkoseuranta on tarpeellista lajin elinkaaren pituuden selvittämiseksi. Metsäntutkimuslaitoksen toimesta lajia on viljelty vain jokunen yksilö. Sekä Mustilassa että Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä nuutkansypressi on tuottanut käpyjä (Silander ym. 2000).

3.4 *Larix* - Lehtikuuset

3.4.1 *Larix decidua* var. *polonica* - Puolenlehtikuusi

Mustilan puolanlehtikuusimetsikön tiedot ovat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M15	e	915	177	39,4	76,4	41 %	21 %

Kookkain mitattu puolanlehtikuusi oli 40,1 m pitkä ja läpimitaltaan 81 cm. Lehtikuusentilavuusyhtälöllä laskettu rungon tilavuus puulla on 6,3 m³. Puiden terveydentila oli silmämääräisesti tarkasteltuna erittäin hyvä, joskin viisivuotiskasvu on jo

hidastunut noin 100-vuotiaassa metsikössä. Lähes puolella mitatuista puista esiintyi rungon muotovikoja, joka pienensi tukkipuiden osuutta metsikössä erittäin merkittävästi.

Metsikön puut olivat tarkasteltujen ominaisuuksien suhteen muutoin erittäin homogeenisiä, mutta kukinnassa esiintyi vaihtelua (liite 2). Lajin puuntuotoskyky on massiivinen ja puolanlehtikuusella on inventoinneissa mukana olleista lajeista suurin valtapuiden keskiläpimitta. Lajilla on suuri potentiaali niin viherrakentamisessa kuin esimerkiksi hiilensidonnassa. Lisäkokeilut lajilla ovat kuitenkin tarpeen, sillä muotoviat estävät merkittävästi puun jatkojalostusta ja voivat altistaa ennenaikaiselle lahon leviämiselle. Lisäksi puolanlehtikuusta on viljelty hyvin vähän ja sen menestymisestä muualla kuin Etelä-Suomessa ei ole tutkittua tietoa.

3.4.2 *Larix gmelinii* var. *japonica* - Kuriilienlehtikuusi

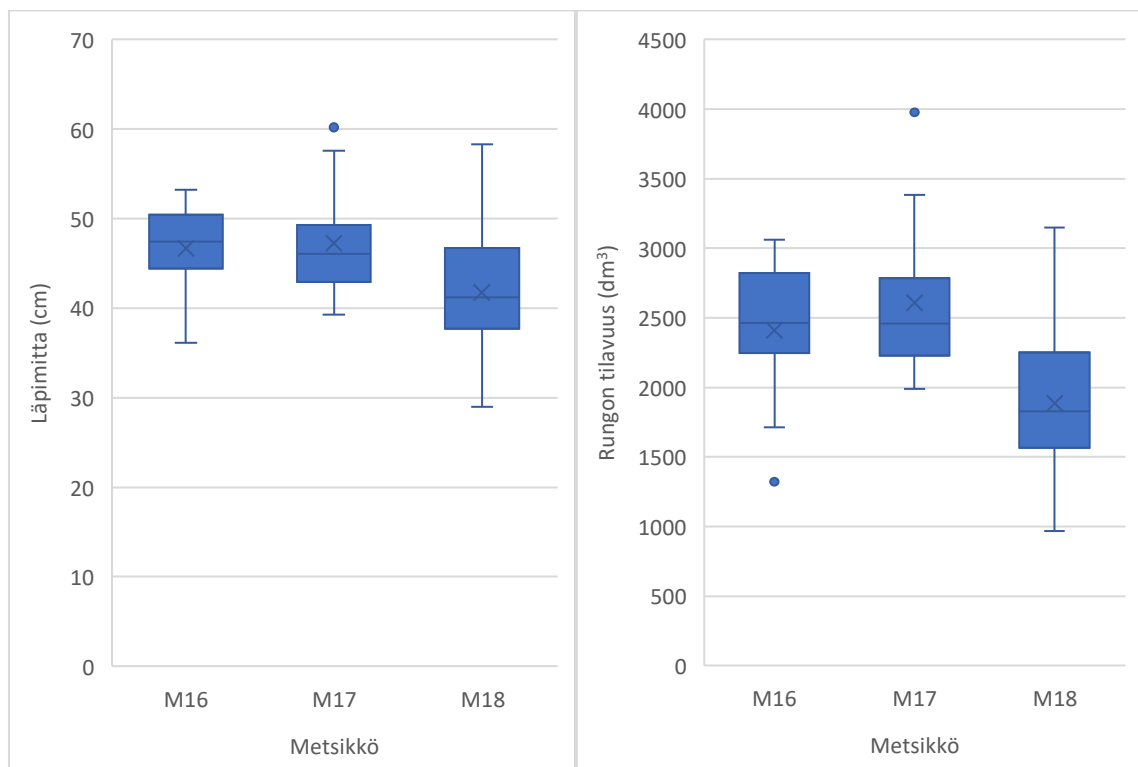
Mustilan kuriilienlehtikuusimetsiköiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M16	87	568	236	34,6	50,6	37 %	37 %
M17	94	614	236	35,3	52,3	41 %	40 %
M18	83	500	265	32,5	48,0	48 %	32 %

Mittauksien kookkaimman puun pituus oli 39,7 m ja läpimitta 58 cm. Suorien runkojen osuus vaihteli metsiköissä 25-50 % välillä, ja metsikössä M18 rungon muotoviat alensivat tukkipuun osuutta. Muotovikojen lisäksi metsiköissä M17 ja M18 havaittiin kuolleita ja katkenneita oksia elävän latvuksen alueella ja neulaskatoa kaikenikäisissä neulasissa. Kuriilienlehtikuusi tuotti runsaasti käpyjä inventointivuonna.



Kuva 14. Kuriilienlehtikuusimetsikön M17 mutkaisia ja lenkoja runkoja.



Kuva 15. Kuriilienlehtikuusen läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Metsiköiden sisäinen ja metsiköiden välinen vaihtelu olivat tarkasteltujen fenotyyppisten ominaisuuksien ja puiden keskeisten kokotunnusten suhteen melko vähäisiä, eikä erityisiä jalostustarpeita aineiston perusteella havaittu. Pientä hajontaa fenotyyppisissä ominaisuuksissa oli, mutta ne eivät lajin sisällä kohdistuneet tiettyyn ominaisuuteen vaan vaihtelivat metsiköiden välillä (liite 2).

3.4.3 *Larix laricina* - Kanadanlehtikuusi

Kanadanlehtikuusta kasvaa Mustilassa yhtenä pienialaisena metsikkönä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M19	84	375	314	29,0	40,1	22 %	25 %

Suurin mitattu kanadanlehtikuusi oli läpimitaltaan 45 cm ja pituudeltaan 29,4 m. Kaikilla lukupuilla oli havaittavissa jonkinasteista tuhoa tai tuhoja merkittävimminä rungon muotoviat, neulaskato kaikenikäisissä neulasissa ja katkenneet oksat elävän latvuksen alueella. Noin puolet puista oli haaroittuneita. Inventointivuonna kanadanlehtikuusissa havaittiin jonkin verran kukintoja ja käpyjä. Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmiin ei kuulunut kanadanlehtikuusia eikä lajista ole saatavilla muutenkaan tietoa menestymisestä suomalaisissa olosuhteissa.



Kuva 16. Mustilan kanadanlehtikuusten kuolleet oksat ja harsuuntuminen antavat puille jokseenkin rujon ja ränsistyneen ulkomuodon.

3.4.4 *Larix occidentalis* - Lännenlehtikuusi

Inventoinnissa mukana olleiden lännenlehtikuusiryhmän ja puuyksilön tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R68	30			19,5	22,0	31 %	
Y70	e			36,5	56,0	71 %	

Suurin mitattu puu oli yksilö Y70. Kyseisellä iäkkäällä puuyksilöllä oli voimakkaasti elinvoimaa heikentävää neulaskatoa, mutta alkuperää voidaan pitää ilmasto-oloihin sopivampana kuin nuoremmassa puuryhmässä. Puuryhmän elävän latvuksen osuus oli vain 31 % ja puissa oli tuntemattoman tekijän aiheuttamia runkovaurioita. Korot ovat mahdollisesti lehtikuusensyövän aiheuttamia, mikä selittäisi ryhmän yleisesti heikon terveydentilan. Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä lännenlehtikuusta on taimivaiheen jälkeen vaivannut sekä pakkaset että lehtikuusensyöpä (Silander ym. 2000). Ikäkairauksessa havaittiin sädekasvun heikentyneen voimakkaasti viimeisinä vuosina eikä puiden elinennuste ole hyvä.

3.4.5 *Larix olgensis* - Olganlehtikuusi

Olganlehtikuusiryhmän tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R70	63			33,2	65,1	72 %	

Mitatut puut olivat hyväkasvuisia ja täysin terveitä, joskin koko puuryhmässä esiintyi sisäistä vaihtelua harsuuntumisasteessa. Puut ovat varsin kookkaita ja antavat viitteitä siitä, että lajin kokeiluja olisi syytä jatkaa Mustilan alkuperällä. Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä esiintyneitä lehtikuusenpistiäistä, lehtikuusensyöpää ja keväthallatuhoja (Silander ym. 2000) ei havaittu Mustilassa. Oksien karsiintumisessa esiintyi yksilöiden välillä vaihtelua samoin kuin kukinnassa ja käpyrunsaudessa (liite 2). Kukintaa ja käpyjä havaittiin olganlehtikuusella jonkin verran.

3.4.6 *Larix sibirica* - Siperianlehtikuusi

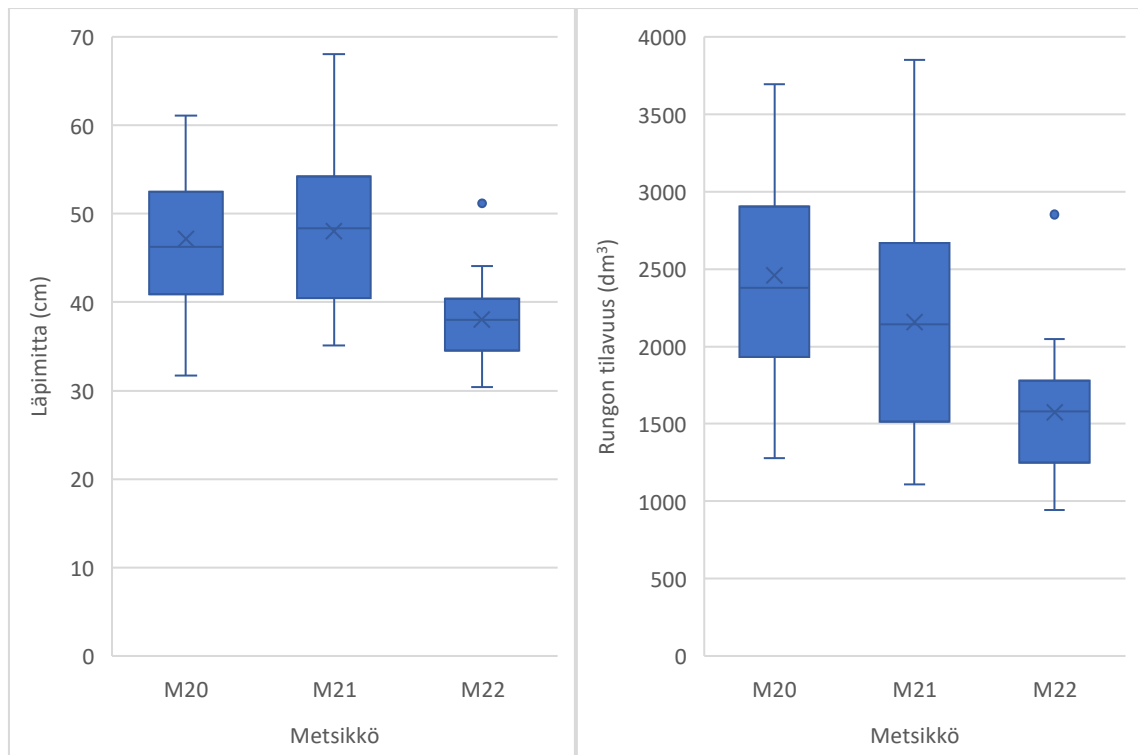
Mustilan siperianlehtikuusimetsiköiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M20	79	556	226	34,1	54,0	54 %	33 %
M21	97	593	275	31,3	57,9	23 %	24 %
M22	81	386	246	32,2	42,2	53 %	38 %

Aineiston kookkain puu oli läpimitaltaan 68 cm ja pituudeltaan 32,0 m. Puissa on hyvä tukkisaanto, joskin metsiköissä M20 ja M21 suorarunkoisten puiden osuus jäi 50 %:iin. Merkittävimpiä tuhoja olivat metsikkö M20:ssä katkenneet oksat elävän latvuksen alueella, M21:ssä kuolleet oksat elävän latvuksen alueella ja M22:ssa rungon muotoviat. Lisäksi metsiköissä havaittiin pienissä määrin neulaskatoa, monilatvaisuutta ja kuolleita latvakasvaimia. Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä sekä käytännön metsätaloudessa siperianlehtikuusi on todettu tuhonkestäväksi muistaen, että laji ei siedä kosteaa kasvupaikkaa (Silander ym. 2000). Metsäntutkimuslaitoksen siperianlehtikuusiviljelmissä puun tekninen laatu on merkittävästi parempi kuin Mustilassa.



Kuva 17. Siperianlehtikuusen rungot ovat karsiutuneet hyvin metsikön sisällä (M20).



Kuva 18. Siperianlehtikuusen läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Siperianlehtikuusimetsiköiden sisällä esiintyi kasvupaikkatyyppeihin perustuen vaihtelua ravinteisuudessa, jolloin kokotunnuksista on vaikeaa päätellä genotyyppin aiheuttamia eroja

keskeisiin kokotunnuksiin. Fenotyyppisen vaihtelun osalta kaikissa metsikkö M20 oli homogeenisin ja metsiköissä M21 ja M22 esiintyi vaihtelua erityisesti harsuuntumisasteessa ja latvuksen leveydessä (liite 2). Myös kukinnassa ja käpyrunsaudessa esiintyi yksilöiden välistä vaihtelua (liite 2).

3.4.7 *Larix x sibirolepis*

Siperianlehtikuusen ja kuriilienlehtikuusen risteymää kasvaa Mustilassa yhtenä metsikkönä, jonka tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M12	79	507	288	32,1	47,5	35 %	40 %

Kookkain mitattu puu oli läpimitaltaan 59 cm ja pituudeltaan 33,5 m. Puut olivat täysin terveitä lukuun ottamatta yhtä ainutta puunkorjuun aiheuttamaa runkovauriota. Mutkaiset rungot olivat metsikössä yleisiä, tosin likimain kaikki inventoidut puut täyttivät vähintään yhden tukin verran tukkipuun laatuvaatimuksia. Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä risteymällä on tehty vain yksi istutus ja tiedot ovat niukkaa (Silander ym. 2000). Inventoinnissa metsikössä havaittiin runsaasti kukintoja ja käpyjä.



Kuva 19. Sibirolepis-risteymän metsikkö on hyväkasvuinen.

3.4.8 *Larix hybrid 1*

Mustilassa kasvaa kahta tuntematonta lehtikuusilajiristeymää, joista toisen, puiston länsireunalla serbiankuusimetsän ja tien välissä kasvavavan metsikön tiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M13	78	537	432	28,1	41,6	37 %	26 %

Hybridilajikkeen koealalla oli yksi tuntemattomasta syystä kuollut pystypuu sekä yksittäisinä tapauksina harsuuntumista, runkovaurioita ja rungon muotovikoja. Metsikkö tuotti inventointivuonna runsaasti käpyjä.

3.4.9 *Larix hybrid 2*

Toinen tuntematonta alkuperää oleva lehtikuusimetsikkö kasvaa pohjois-luoteisrinteellä ja sen puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M14	80	328	196	28,3	49,9	45 %	10 %

Tämän hybridilajikkeen puissa oli rungon muotovikoja ja pakkasen aiheuttamia runkovaurioita. Puut tuottivat jonkin verran käpyjä.

3.5 *Picea* - Kuuset

3.5.1 *Picea abies* ssp. *obovata* - Siperiankuusi

Mustilan siperiankuusimetsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M23	94	695	275	34,1	60,1	28 %	23 %

Kookkain mitatuista puisto oli läpimitaltaan 68 cm ja pituudeltaan 34,7 m. Puisse havaitut tuhot olivat pihkavuoto sekä latvanvaihto, joilla on lievästi elinvoimaa heikentävä vaikutus. Mustilan siperiankuusten rungot olivat suoria tukkipuita. Metsikössä esiintyi runsaasti vaihtelua kukinta-asteessa ja käpyrunsaudessa (liite 2).



Kuva 20. Siperiankuuset kasvavat jyhkeinä Mustilan suojaisalla etelärinteellä.

3.5.2 *Picea asperata* - Kiinankuusi

Mustilan ainoan kiinankuusiryhmän puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R72	59			18,2	22,9	40 %	

Kiinankuusi kasvaa Mustilassa lajille epäsuotuisissa olosuhteissa karulla mäntykankaalla. Puissa on teknistä laatua heikentäviä mutkia ja tuhoina kuolleita oksia elävän latvuksen alueella, neulaskatoa kaikenikäisissä neulasissa sekä alalatuksen epänormaalia kuolemista. Kukintoja ja käpyjä oli puissa havainnointiaikana jonkin verran. Eniten vaihtelua puiden välillä oli harsuuntumisasteessa ja käpyrunsaudessa eli osa puista on sopeutunut paremmin kasvupaikan epäedullisiin olosuhteisiin. Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä kiinankuusi on menestynyt ravinteikkaammilla kasvupaikoilla pitkälti samoin kuin Mustilassa kärsien tuhoista ja jääden pienikokoiseksi (Silander ym. 2000). Mustilan alkuperän kasvatusta voisi siten kokeilla paremmalla kasvupaikalla.

3.5.3 *Picea glehnii* - Glehninkuusi

Mustilan glehninkuusimetsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M24	72	486	314	26,7	53,7	50 %	12 %

Kookkain mitatuista puista oli läpimitaltaan 57 cm ja pituudeltaan 26,9 m. Rungoista 38 % oli mutkaisia ja loput suorina. Terveet puut täyttivät hyvin tukkipuun laatuvaatimukset. Metsikössä ainut havaittu tuhon ilmentymä oli yksittäisen puun pystykuolema, jonka tuhonaiheuttaja on tuntematon. Muilla puilla ei havaittu tuhoja ja viisivuotiskasvu on puiden ikään nähden verrattain reipasta. Havainnoitujen luokka-asteikollisten muuttujien suhteen metsikön puut olivat täysin homogeenisiä (liite 2).



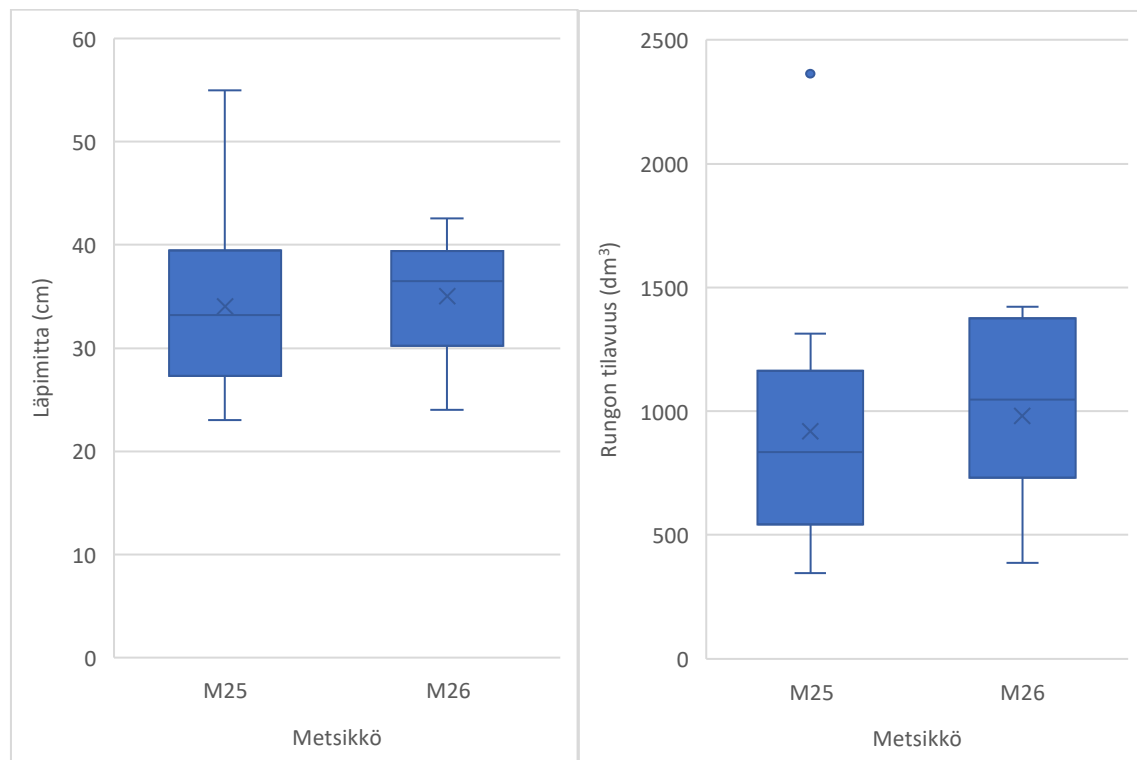
Kuva 21. Glehninkuusimetsikön runko on oksikas tuoreelta aukolta katsottuna.

3.5.4 *Picea jezoënsis* - Ajaninkuusi

Mustilan kahden ajaninkuusimetsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M25	94	325	354	24,0	43,2	62 %	39 %
M26	70	425	432	25,3	41,4	47 %	31 %

Puista kookkain oli läpimitaltaan 55 cm ja pituudeltaan 27,3 m. Puut olivat suorarunkoisia tukkipuita. Yleisimmät tuhot olivat metsikössä M25 rungon muotoviat ja metsikössä M26 monilatvaisuus. Muitakin sekä elinvoimaa heikentäviä että tukkipuusaantoa pienentäviä tuhoja havaittiin molemmissa metsiköissä. Tuhot olivat voimakkaampia vanhemmassa metsikössä M25, joten tuhot liittyvät oletettavasti puiden korkeaan ikään ja metsikön jo alkaneeseen ränsistymiseen. Molemmat metsiköt kukkivat ja tuottivat käpyjä runsaasti.



Kuva 22. Ajaninkuusen läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Keskeisten kokotunnusten mediaani oli nuoremmissa metsikössä M26 korkeampi kuin vanhemmassa metsikössä M25. Yksilöiden välinen vaihtelu oli kuitenkin suurempaa metsikössä M25. Ajaninkuusi ei kuitenkaan kilpaile puuntuotoksessa kotimaisten puiden kanssa, joten jalostaminen puuntuotoksen maksimoimiseksi ei ole järkevää. Sen sijaan

viherrakentamisen jalostustarpeiden kannalta kiinnostavaa on, että metsikössä M25 havaittiin runsaasti vaihtelua neulasten sinertävyydessä (liite 2).

3.5.5 *Picea omorika* - Serbiankuusi

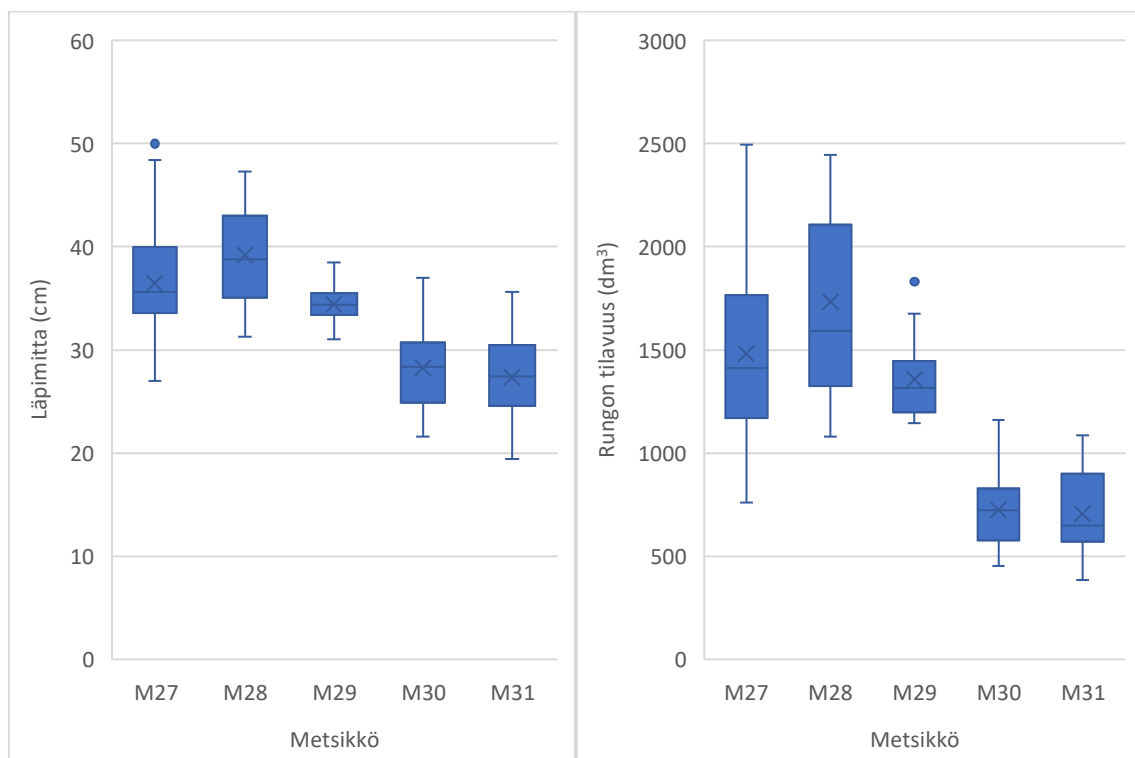
Serbiankuusimetsiköiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M27	95	960	648	31,7	45,4	35 %	21 %
M28	91	886	511	33,8	45,6	39 %	25 %
M29	100	800	589	33,3	37,4	43 %	24 %
M30	89	513	707	24,2	35,0	35 %	15 %
M31	72	500	707	24,7	33,8	34 %	11 %

Kookkain mitatuista puista oli läpimitaltaan 47 cm ja pituudeltaan 33,7 m. Suorarunkoisten puiden osuus vaihteli metsiköittäin 39-72 %:n välillä ja tukkipuiden osuus 78-100 %:n välillä. Yleisimmät tuhot metsiköissä olivat rungon muotoviat, runkovauriot ja monilatvaisuus. Tuhoaste oli arvioitu yleisimmin heikentävän sekä elinvoimaa että esteettistä arvoa lievästi. Tuhonaiheuttajaa ei kyetty tunnistamaan inventoinneissa. Täysin terveiden puiden osuus vaihteli metsiköittäin 53-83 %:n välillä. Metsäntutkimuslaitoksen kaikissa serbiankuusiviljelmissä on havaittu tyvilahoa (Silander ym. 2000), jota Mustilasta ei inventoinnissa löytynyt. Puissa olevat runkovauriot kuitenkin altistavat puita lahottajasienten iskeytymiselle ja on mahdollista, että lahoa löytyisi myös Mustilasta tarkemmassa tutkimuksessa. Suurin osa Mustilan serbiankuusikoista on iäkkäitä ja puuntuotos on ollut varsin korkea, mistä voidaan päätellä lajin sopeutuneen ympäristöoloihin hyvin. Osa metsiköistä on kuitenkin pian elinkaarensa päässä. Kukinta-aste ja käpyrunsaus vaihtelivat vähäisestä runsaaseen sekä metsiköiden sisällä että metsiköiden välillä (liite 2).



Kuva 23. ja 24. Serbiankuusi on kapealatuksinen ja kaunis puulaji, jota kasvaa Mustilassa mallikelpoisina metsiköinä. Laji säilyttää kauniin elävän latvuksen valossa, kun taas sulkeutuneessa metsikössä oksat karsiutuvat hyvin.



Kuva 25. Serbiankuusen läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

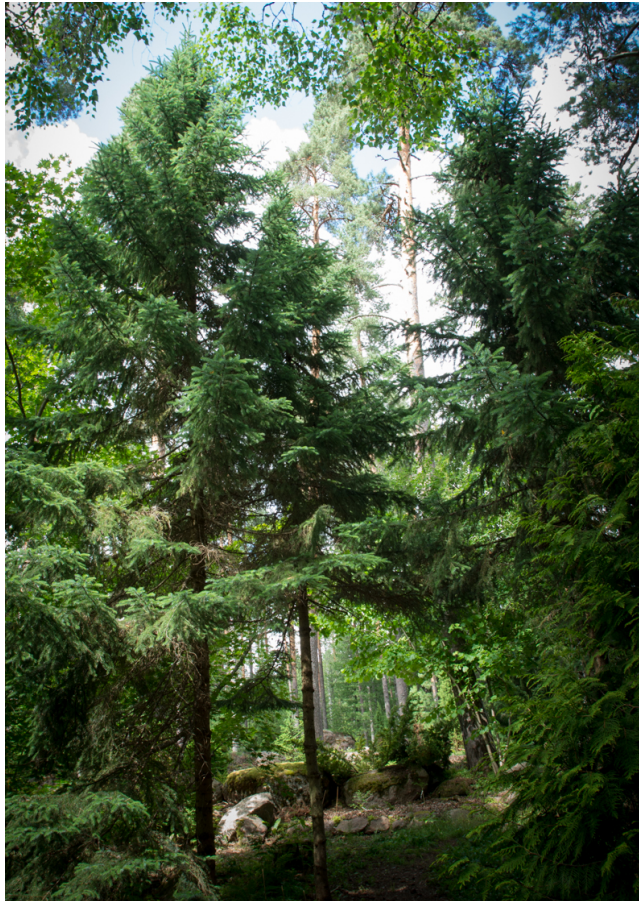
Serbinkuusimetsiköissä keskeisten kokotunnusten sisäistä vaihtelua esiintyi runsaasti metsiköissä M27 ja M28, jonkin verran metsiköissä M30 ja M31 ja vähiten metsikössä M29. Myös kookkaimmat puut löytyivät metsiköistä M27 (kuivahko kangas) ja M28 (lehtomainen kangas). Nämä kaksi metsikköä ovat suositeltavimmat lisäyslähteet taimien tuotantoon sekä jalostusmateriaaliksi paremman terveytensä vuoksi ja sisäisen vaihtelunsa puolesta. Myös metsiköissä M30 ja M31 terveiden puiden osuus oli korkea, mutta oksien karsiutuminen on ollut heikompaa tiheämmästä kasvusasennosta huolimatta.

3.5.6 *Picea x mariorika*

Mustakuusen ja serbiankuusen risteymää kasvaa Mustilassa pienenä puuryhmänä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R71	60			7,6	10,0	74 %	

Puut ovat terveitä, mutta erittäin hidaskasvuisia. Risteymästä onkin kehitelty viherrakennustarpeisiin kääpiölajikkeita. Ainoa näkyvä tuho puuryhmässä oli rungon muotoviat. Puut eivät tuottaneet käpyjä inventointivuonna.



Kuva 26. Mustilan mustakuusen ja serbiankuusen risteymä on lyhytkasvuinen.

3.6 *Pinus* - Männyt

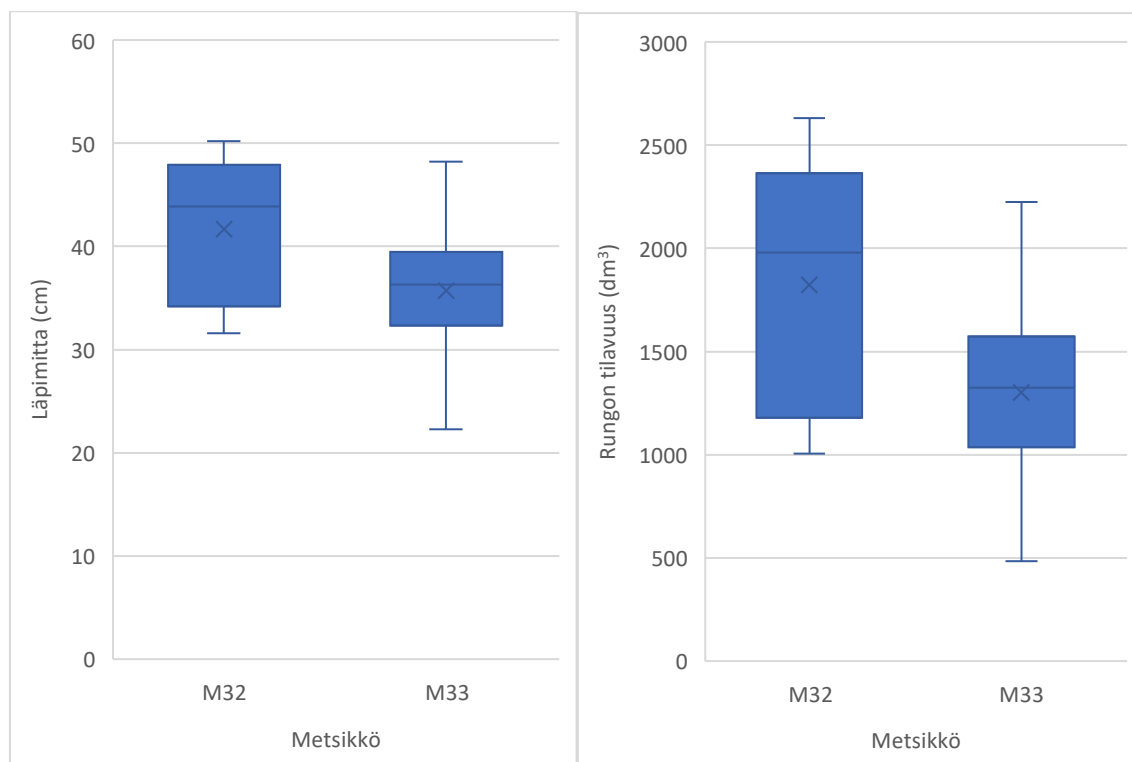
3.6.1 *Pinus contorta* var. *latifolia* - Kontortamänty

Mustilaan on viljelty kontortamäntyä kahtena metsikkönä, joiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M32	77	501	275	30,3	47,8	56 %	33 %
M33	77	511	393	29,1	42,0	57 %	31 %

Suurin inventoiduista puista oli läpimitaltaan 50 cm ja pituudeltaan 31,0 m. Metsikön M32 yleisin tuho oli runkovaurio ja lukupuista yksikään ei ollut täysin terve. Metsikössä M33 yleisin tuho oli rungon muotovika, jonka yleisyys lukupuilla oli 65 %. Tukkipuiden osuus oli metsikössä M32 vain 29 % käyrien ja mutkaisten runkojen ja runkovaurioiden vuoksi, kun metsikössä M32 tukkipuiden osuus ylsi muotovioista huolimatta 85 %:iin.

Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä taas on havaittu runsaasti lumen ja myrskyjen aiheuttamia tuhoja ja vähäisissä määrin tervasrosoa ja tyvilahoa (Silander ym. 2000). Mustilan molemmat metsiköt tuottivat jonkin verran käpyjä inventointivuonna.



Kuva 27. Kontortamännyn läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

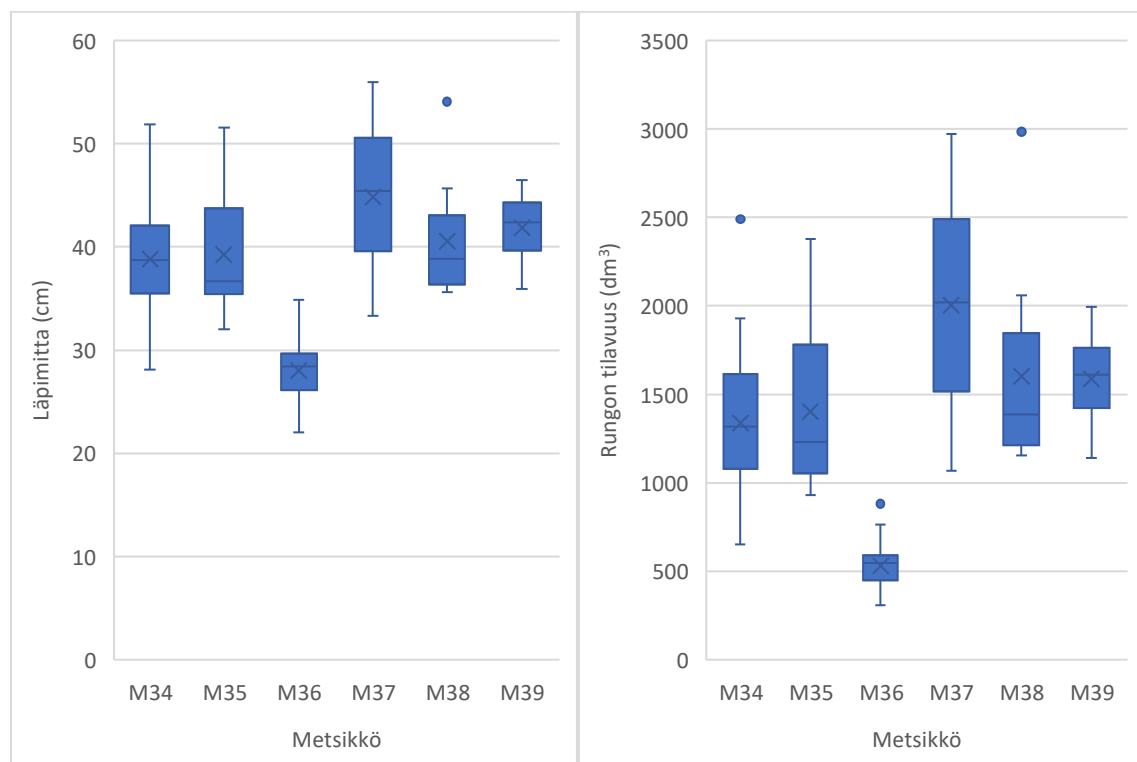
Metsikön M32 kasvupaikka on ravinteikkaampi kuin metsikön M33 ja molemmat istutukset on tehty entiselle peltomaalle. Keskeisten kokotunnusten osalta Mustilan populaatioista on vaikeaa tulkita jalostuksen tarpeellisuutta. Viherrakennuspuiden lisäysmateriaalin valinnassa huomioitavaa on puiden vikaisuus, joka oli suurempaa metsikössä M32.

3.6.2 *Pinus peuce* - Makedonianmänty

Puulajeista makedonianmännyn aineisto on kattavin. Mustilan kuuden metsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M34	91	491	367	25,2	45,0	54 %	26 %
M35	87	497	354	26,5	46,4	51 %	31 %
M36	43	209	393	18,1	31,8	35 %	22 %
M37	96	709	354	29,2	53,0	63 %	37 %
M38	95	629	393	29,4	47,3	64 %	41 %
M39	94	499	314	26,0	44,9	54 %	28 %

Kookkain mitattu makedonianmänty oli läpimitaltaan 54 cm ja pituudeltaan 30,6 m. Tuhot olivat lieviä runkovaurioita ja muotovikoja, joista suurin osa ei heikennä elinvoimaa, mutta pienentää tukkipuusaantoa. Tuhoaste vaihteli metsiköittäin 11-20 %:n välillä. Metsiköiden puut olivat pääosin suorarunkoisia ja vain metsikössä M35 esiintyi selvästi tukkipuusaantoa pienentävää mutkaisuutta rungoissa. Kaikki metsiköt lukuun ottamatta metsikköä M35 tuottivat runsaasti käpyjä.



Kuva 28. Makedonianmännyn läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Mustilan makedonianmäntymetsiköt on istutettu ravinteisuudeltaan vaihteleville maapohjille: VT; M34 ja M35, MT; M39 ja OMT; M36, M37 ja M38. Lajin voidaan katsoa menestyneen hyvin kaikilla kyseisillä kasvupaikoilla. Kokotunnuksissa sisäistä vaihtelua esiintyi eniten metsiköissä M73, M35 ja M34 ja vähiten metsiköissä M36, M39 ja M38.

Huomioitaessa sekä hyvä kasvu että puun tekninen laatu on metsikkö M39 paras lähde lisäysmateriaalin tuottamiseen. Jalostuksessa puolestaan makedonianmännyllä olisi potentiaalia tuottaa vielä kasvuisampia ja teknisesti laadukkaampia puita, sillä Mustilan metsiköissä esiintyy runsaasti sisäistä vaihtelua. Viherrakentamisen kannalta tutkimuksessa ei löydetty erityisen merkityksellisiä jalostustarpeita.



Kuva 29. Mustilan makedonianmäntymetsiköiden alikasvos on tyypillisesti tiheä.



Kuva 30. Makedonianmänty kilpailee puuntuotoskykynsä ja puun teknisen laadun puolesta kotoperäisten havupuulajien kanssa. Eksoottisena mäntynä isoine käpyineen ja pitkine neulasineen se on saavuttanut suosiota myös viherrakentamisessa.

3.6.3 *Pinus cembra* ssp. *sibirica* - Siperiansembra

Ainoan siperiansemmetsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M40	70	146	236	19,3	33,4	70 %	34 %

Kookkain mitattu puu oli läpimitaltaan 37 cm ja pituudeltaan 19,8 m. Metsikön yleisilme on erittäin ränsistynyt. Kaikki mitatut koepuut kärsivät alalatuksen epänormaalista kuolemista ja muutamalla oli lisätuhona neulaskatoa sekä rungon muotovikoja. Vaikka siperiansemmen viljelyllä on kohtalaisen pitkä historia Suomessa, on Mustilan arboretumissa on jo hyvän aikaa sitten ryhdytty panostamaan muiden mäntylajien kasvattamiseen, koska siperiansembra ränsistyy havupuuksi jo verrattain nuorena. Paksujen oksien karsiintuminen on lajilla verrattain heikkoa, mikä vähentää puulajin esteettistä arvoa. Metsäntutkimuslaitoksen koetiljoilta on saatu rannikkolisissä ilmasto-oloissa samankaltaisia tuloksia ja tuhonaiheuttajaksi on epäilty neulasten sienitautia (Silander ym. 2000). Sen sijaan mantereisemmassa ilmastossa laji on kärsinyt tuhoista huomattavasti vähemmän.

Mustilan siperiansemmetsikössä esiintyi runsaasti vaihtelua latvuksen leveydessä, oksakulmassa, käpyrunsaudessa ja harsuuntumisasteessa (liite 2). Tämän lajin kohdalla tärkeimpänä jalostustavoitteena voidaan pitää elinvoimaisuuden parantamista ja eliniän pidentämistä. Mustilan metsiköstä kerätyn aineiston perusteella on kuitenkin vahvasti Itämeren vaikutuksen alaisissa ilmasto-oloissa järkevämpää panostaa ilmasto-oloihin paremmin sopeutuneisiin puulajeihin.

3.7 *Pseudotsuga* - Douglaskuuset

3.7.1 *Pseudotsuga menziesii* var. *Glauca* - Douglaskuusi

Douglaskuusimetsiköt ovat Mustilan komeimpia nähtävyyksiä. Kolmen metsikön ja yhden puuryhmän puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M41	102	787	255	38,9	55,8	48 %	25 %
M42	79	421	275	28,4	44,8	52 %	24 %
M43	70	556	314	31,9	46,8	57 %	13 %
R73	98			30,5	55,6	56 %	

Kookkain mitatuista douglaskuusista oli läpimitaltaan 69 cm ja pituudeltaan 41,1 m yltäen 6,1 kuutiometrin tilavuuteen laskettaessa kuusen tilavuuskaavalla. Korkeasta tuotoskyvystään huolimatta puun tekniset ominaisuudet vähentävät tukkipuunsaantoa. Suorarunkoisten puiden osuus vaihteli metsiköissä 19 ja 65 %:n välillä. Metsiköissä M42 ja M43 esiintyi yksittäisiä rungon muotovikoja ja metsikössä M41 58 % koepuista oli lenkoja. Oksien karsiutuminen on ollut jokseenkin heikkoa. Douglaskuusen tekninen laatu on ollut huonoa myös Metsätutkimuslaitoksen viljelmissä (Silander ym. 2000). Viherrakentamisen näkökulmasta merkittäviä teknisiä vikoja, jotka altistavat puita seuraustuhoille ja lyhentävät elinkaarta, havaittiin vain hyvin vähäisissä määrin.

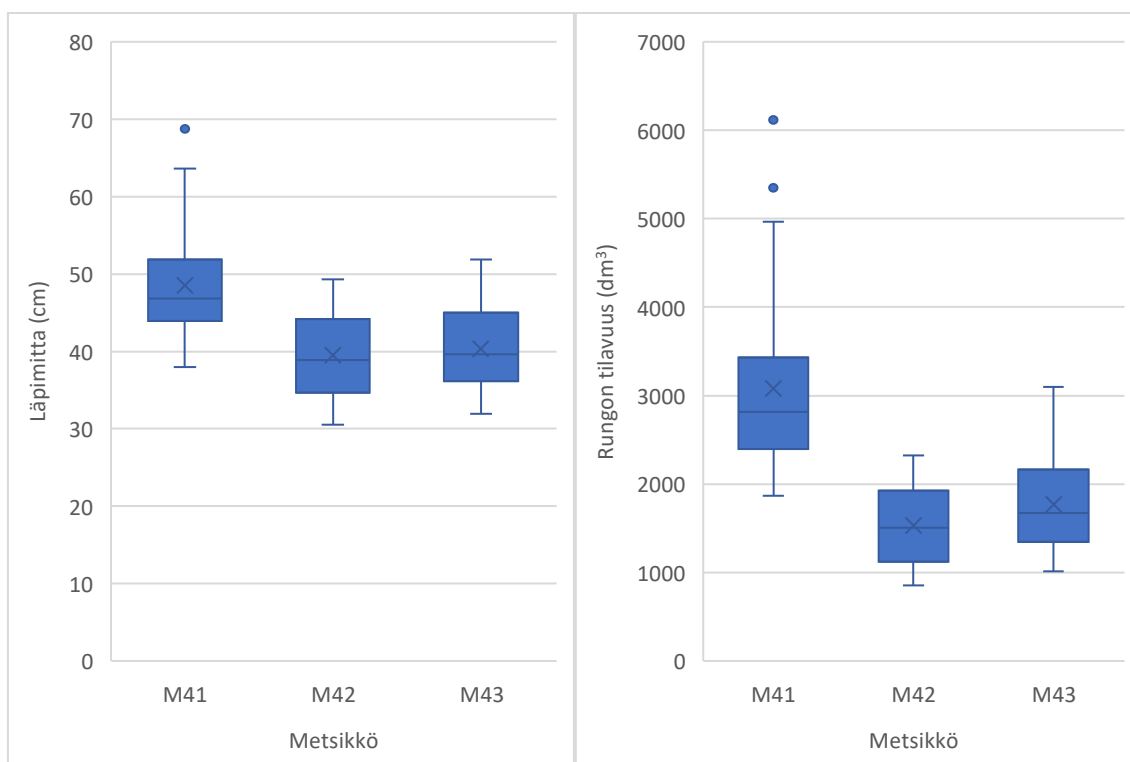
Vanhimmassa metsikössä M41 havaittiin ainoastaan yksittäisillä puilla lievästi elinvoimaa heikentävinä tuhoja. Metsiköissä M42 ja M43 merkittävin tuho oli neulaskato vanhemmissa neulasissa ja kaiken kaikkiaan jostain tuhosta kärsi 29 % metsikön M42 puista ja 38 % metsikön M43 puista. Myös ryhmän R73 puilla havaittiin neulaskatoa. Aiemmissa elinkaaren vaiheissa douglaskuusella on havaittu Metsätutkimuslaitoksen koeviljelmissä myös pakkasen, maaperän liikakosteuden ja myöhästyneen verhopuuston poiston aiheuttamia merkittäviä tuhoja (Silander ym. 2000). Käpyjä havaittiin ryhmän puilla runsaasti ja metsiköissä jonkin verran.



Kuva. 31. Douglaskuusen latvuksissa voi havaita sinertävää sävyä (M42).



Kuva 32. Metsikön M41 douglaskuuset ovat enimmäkseen lenkoja tai mutkaisia.



Kuva 33. Douglasskuusen läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Douglasskuusimetsiköiden sisäinen ja välinen kokovaihtelu oli varsin vähäistä. Aineistossa erottuvat selkeimmin muutamien erityisen kookkaat yksilöt metsikössä M41, jotka toki terveinä puina ovat kiinnostavia yksilöitä pluspuiden valinnassa. Luokka-asteikollisista inventoiduista ominaisuuksista löytyi kuitenkin runsaammin vaihtelua useamman ominaisuuden suhteen. Kaikissa metsiköissä ja yksittäisessä ryhmässä esiintyi sisäistä vaihtelua neulasten sinertävyydessä, harsuuntumisasteessa, oksakulmassa ja käpyrunsaudessa (liite 2). Suurinta vaihtelua oli metsikössä M42. Viherrakentamisen lisäysmateriaalin lähteenä yksikään metsikkö tai ryhmä ei osoittautunut inventoinnin perusteella yliverroksi kaikkien ominaisuuksien suhteen, ja tarpeita tulee priorisoida valinnan tekemiseksi. Douglasskuusi tunnetaan kotiseudullaan Pohjois-Amerikan länsiosissa arvostetusta sahatavarasta sekä suuresta koostaan, mikä on metsätalouden näkökulmasta mainio yhdistelmä. Mustilan douglasskuusimetsiköiden inventoinnissa löytyi suorarunkoisia teknisesti laadukkaita puuyksilöitä, joita voitaisiin käyttää pluspuina suomalaisen kannan jalostamisessa.



Kuva 34. Douglaskuusiryhmässä R73 saman alkuperän yksittäisten puiden välillä esiintyy huomattavaa vaihtelua neulasten sinertävyydessä.

3.8 *Thuja* - Tuijat

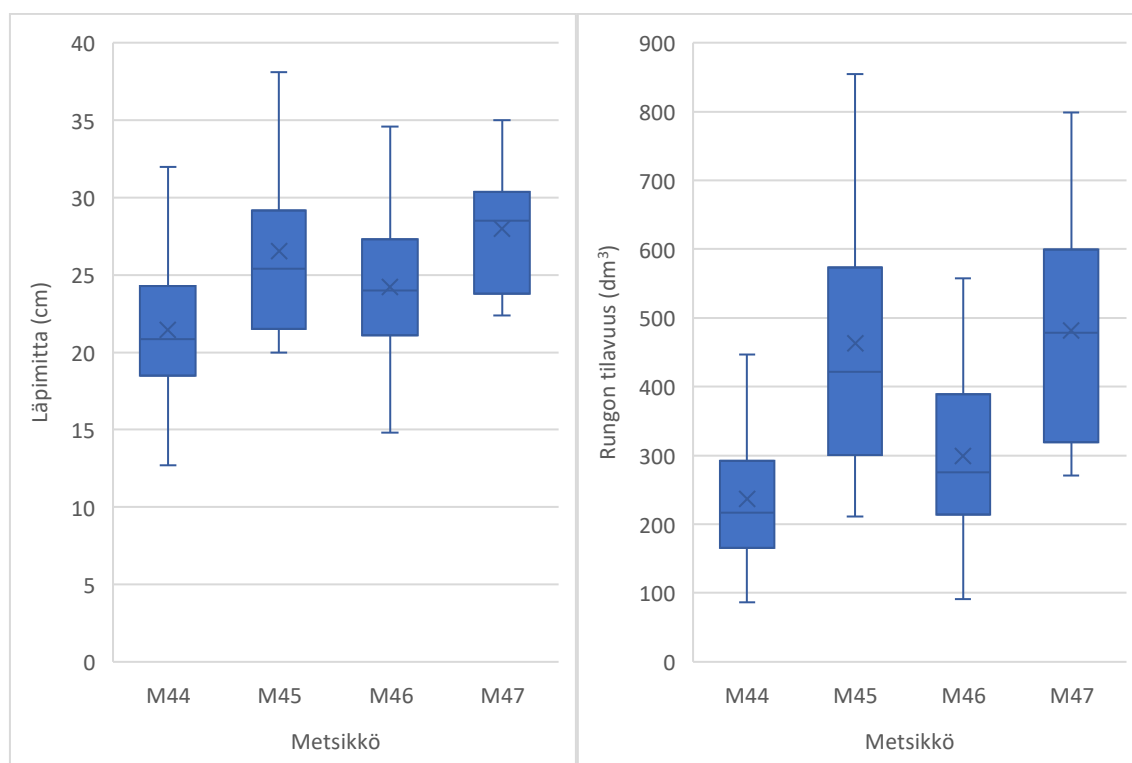
3.8.1 *Thuja occidentalis* - Kanadantuija

Kanadantuijametsiköiden puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M44	56	260	1100	14,7	29,4	36 %	27 %
M45	82	164	354	19,0	32,1	13 %	18 %
M46	78	208	694	15,3	30,8	14 %	20 %
M47	97	189	393	18,5	32,5	10 %	22 %

Kookkain mitatuista koepuista oli läpimitaltaan 38 cm ja pituudeltaan 18,6 m. Mustilan kanadantuijat ovat alttiita haaroittumaan ja rungon muodossa on vaihtelua metsiköiden välillä. Vähintään yhden tukin katkontaan kelpaavia yksilöitä oli metsiköissä 0-56%. Merkittävimmät tuhot olivat neulaskato kaikenikäisissä neulasissa sekä latvanvaihto ja monilatvaisuus. Metsiköissä M44 ja M46 neulaskadon tuhoaste oli paikoin voimakkaasti elinvoimaa heikentävä tai tappava ja esteettistä arvoa voimakkaasti heikentävä. Monilatvaisuutta voidaan pitää lajille tyypillisenä ominaisuutena eikä siitä ole

viherrakentamiselle haittaa sinällään, mutta haaroittuneilla puilla on riski saada elinkaarta lyhentäviä seuraustuhoja haarojen katketessa esimerkiksi lumen painosta. Metsikössä M45 haaroittuneiden puiden osuudeksi arvioitiin alhainen lukema 5 %, kun se muissa metsiköissä oli 40-95 %. Myös tukkipuun osuus oli metsikössä suurempi kuin muissa.



Kuva 35. Kanadantuijan läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma metsiköittäin.

Kanadantuijametsiköiden sisäinen kokovaihtelu oli merkittävää. Metsiköt kasvoivat rehevällä maaperällä: M44 lehdossa ja M45, M46 ja M47 OMT-tyypillä. Melkein 20 vuoden kasvuetumatkalla sekä läpimitan että tilavuuden mediaani oli suurin metsikössä M47, mutta lajin kaikista kookkaimmat puut kasvoivat kuitenkin metsikössä M45. Metsikkö M45 voidaan niin koon indikoiman sopeutuneisuuden kuin terveytensä puolesta katsoa hyväksi lisäyslähteeksi lajille Mustilassa.

3.8.2 *Thuja plicata* - Jättituija

Jättituijaa kasvaa Mustilassa yksittäisenä metsikkönä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M48	65	556	511	22,9	51,7	41 %	25 %

Suurimman mitatun puun läpimitta oli 50 cm ja pituus 23,6 m. Puut olivat pääosin mutkaisia, mutta 73 %:sta lukupuista saisi vähintään yhden tukin rungosta. Ainoa havaittu tuho oli tukkipuusaantoa vähentävä ja esteettistä haittaa aiheuttamaton rungon muotovika, jota esiintyi 77 % lukupuista. Haaroittuminen oli myös yleistä metsikössä. Noin 40 % metsikön puista oli haaroittunut ja haaroittumiskorkeus oli 7-16 m. Inventoitujen luokka-asteikollisten muuttujien suhteen metsikkö oli täysin homogeeninen (liite 2). Jättituija tuotti inventointivuonna runsaasti käpyjä.



Kuva 36. Jättituijametsikön latvusten suojissa on auringonpaisteella kauniit valo-olosuhteet.

3.9 *Tsuga* - Hemlokit

3.9.1 *Tsuga canadensis* - Kanadanhemlokki

Kanadanhemlokkia kasvaa Mustilassa yhtenä ryhmänä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
R74	e			23,3	53,3	76 %	

Ryhmän puut olivat mutkaisia sekä haaroittuneita ja puuluokaltaan kuitupuuta. Kaikissa koepuissa oli tukkipuusaantoa pienentäviä runkovaurioita ja lisäksi elinvoimaa heikentävinä tuhoina löytyi pakkasen aiheuttamia runkovaurioita sekä neulaskatoa vanhemmissa neulasissa. Käpyjä havaittiin ryhmän puilla jonkin verran. Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä taimivaiheen jälkeen tuhot ovat olleet vähäisiä (Silander ym. 2000), joten on mahdollista, että Mustilan puut on huonommin Etelä-Suomen ilmasto-oloihin sopeutuvaa alkuperää. Esteettisen arvoon Mustilassa havaituilla tuhoilla ei juurikaan ole vaikutusta, vaan puuryhmän yleisilme on jopa lystikäs. Puut eksoottisine neulasineen ja pitkine oksineen ovat kasvavat hieman vinoon keskenään eri suuntiin.

3.9.2 *Tsuga diversifolia* -Japaninhemlockki

Mustilan japaninhemlockki istutusten puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M49	51	184	393	16,0	35,4	33 %	16 %
R75	55			14,1	30,3	77 %	

Kookkaimman japaninhemlockin läpimitta oli 38 cm ja pituus 15,6 m. Puut olivat mutkaisia ja puuluokaltaan kuitupuuta. Yleisin tuho oli rungon muotovika ja myös runkovaurioita esiintyy lajilla runsaasti. Metsikön puista 80 % oli haaroittuneita ja haaroittumiskorkeus oli 1-5 m. Metsäntutkimuslaitoksen kokeissa japaninhemlockki on todettu huonosti kylmää sietäväksi lajiksi. Mustilan metsikössä kasvoi myös muutamia täysin terveitä haaroittumattomia puuyksilöitä, jotka ovat selvinneet talvipakkasista paremmin. Lajia on kokeiltu Suomessa erittäin vähän ja Mustilan terveet puuyksilöt ja Etelä-Suomen leudontuvat talvet antavat aihetta lisäviljelylle, toki vain viherrakentamisen tarpeisiin. Käpyjä ja kukintaa havaittiin jonkin verran ja käpy- ja kukintarunsaudessa havaittiin vaihtelua yksilöiden välillä (liite 2).



Kuva 37. Puunhaaran katkeaminen altistaa seuraustuhoille ja lyhentää viherrakennuspuun elinikää ja investoinnin kannattavuutta. Japaninhemlokilla laho on jo näkyvissä.

3.9.3 *Tsuga heterophylla* - Lännehemlocki

Lännehemlockia kasvaa Mustilassa yhtenä metsikkönä, jonka puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M50	72	725	334	29,7	55,6	38 %	14 %

Kotiseudullaan läntisessä Pohjois-Amerikassa laji kasvaa jättiläismäisiin mittoihin. Mustilan suurin mitattu puu oli läpimitaltaan 57 cm ja pituudeltaan 31,0 m. Puista 53 % oli suorarunkoisia ja kaikista rungoista saisi vähintään yhden tukin. Tuhot olivat metsikössä vähäisiä. Vain yhdellä lukupuulla (8%) oli tukkipuusaantoa heikentävä rungon muotovika sekä lievästi elinvoimaa heikentävä runkovaurio. Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä lännehemlocki on menestynyt varsin huonosti (Silander ym. 2000), joten Mustilan

metsikköä voidaan pitää hyvänä lisäyslähteenä Etelä-Suomen ilmasto-oloihin. Metsikkö tuotti inventointivuonna runsaasti käpyjä. Aineiston perusteella ei löydetty jalostustarpeita, sillä puut olivat terveitä ja luokka-asteikollisilta muuttujiltaan metsikkö oli täysin homogeeninen (liite 2).



Kuva 38. Lännehemlokkimetsikön sisällä valo on vähäistä ja aluskasvillisuus olematonta.

3.9.4 *Tsuga mertensiana* - Vuorihemlokki

Mustilan vuorihemlokkimetsikön puustotiedot olivat:

Tunnus	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
M51	55	268	629	17,6	31,4	31 %	8 %

Suurimman mitatun vuorihemlokin läpimitta oli 33 cm ja pituus 19,1 m. Rungot ovat enimmäkseen lenkoja ja 81 %:sta runkoja saa vähintään yhden tukin. Oksien karsiintuminen on puissa erittäin heikkoa. Vuorihemlokillä ei havaittu lainkaan tuhoja, joskin se on hidaskasvuinen Mustilan ilmasto-oloissa. Viherrakentamisen kannalta oksien huono karsiintuminen voi olla esteettistä arvoa vähentävä ominaisuus, mutta reunametsikössä alaoksat ovat säilyttäneet neulasensa eikä ongelmaa siten muodostu avoimilla kasvupaikoilla. Vuorihemlokki tuotti runsaasti käpyjä inventointivuonna.

Luokka-asteikollisista muuttujista runsaasti vaihtelua metsikön sisällä esiintyi ainoastaan kukinta- ja käpyrunsaudessa (liite 2). Tuuhealla, nuokkulatvaisella ja hidaskasvuisella hemlokilla voisi olla nykyistä enemmänkin käyttöä viherrakentamisessa.



Kuva 39. Vuorihemlokin reunametsän oksisto on tuuheaa ja syvänvihreää.

4 Tulosten yhteenvetoa

4.1 Virhelähteet

Puulajien ja metsiköiden lisääntymiskyvyn ja lisääntymistehokkuuden määrittelemiseksi yksittäisenä ajankohtana tapahtuva inventaario on riittämätön. Lisäksi on huomioitava, että Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä havaittiin erittäin suurta vaihtelua täyden siemenen asteessa ulkomaisilla havupuulajeilla (Silander ym. 2000), mikä on todennäköistä myös Mustilassa käpyjä tehneillä puilla. Lisääntymiskyvyn tarkastelun suppeudesta ja puutteellisuudesta huolimatta Mustilan inventoinneissa havaittiin kuitenkin runsaasti käpyjä purppurapihdalla ja lännenhemlokilla, joiden käpytuotanto ei ole ollut Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmillä tasaista tai runsasta.

Kukintarunsauden ja käpyrunsauden välisiä eroja samassa metsikössä voi selittää muutama seikka. Kevät 2017 oli ollut kylmä ja kukinta käynnistyi myöhään. Yleisesti Suomessa kuusen ja koivun kukinta oli heikkoa inventointivuonna Luonnonvarakeskuksen mukaan (2017). Kukinnan havainnoinnin suppea aikaväli aiheuttaa todennäköisesti virhettä kukinnan runsauden arvioinnissa. Esimerkiksi makedonianmäntymetsiköt tuottavat Mustilassa runsaasti käpyjä, mutta niissä ei havaittu kukintaa mahdollisesti huonon ajoituksen vuoksi. Joillain tutkimuksessa mukana olleilla puulajeilla kukinnot ovat kooltaan pieniä ja on mahdollista, että kukintoja on siksi jäänyt huomaamatta. Kiikarointi kohdistettiin satunnaisesti puuyksilöihin, joten eri puiden sattuminen havaintopuiksi voi myös aiheuttaa eroja tuloksiin kukinnan ja käpyrunsauden välillä samassa metsikössä.

Puiden tilavuuslaskennassa on jouduttu turvautumaan kompromisseihin. Kuutioimisyyhtälöiden tuottamat tilavuudet ovat sitä epävarmempia mitä isompia puut ovat. Mustilassa inventoitujen metsiköiden puut ovat poikkeuksellisenkin kookkaita. Kotimaisten havupuiden tilavuusyyhtälöiden käyttö on aineiston käsittelyssä kompromissi, sillä rungon kapeneminen on puulajista ja metsän käsittelystä riippuvainen ominaisuus. Mustilan erityislaatuisten puiden käsittely poikkeaa siis luonnollisesti keskimääräisestä suomalaisesta talousmetsiköstä. Lisäksi erittäin isojen yksilöiden tilavuusarviot perustuvat ekstrapolointiin. Yläläpimitan mittaaminen olisi parantanut tilavuuslaskentojen luotettavuutta, mutta sitä ei pidetty mahdollisena inventoinnin aikarajoitteiden ja käytössä

olevien resurssien puitteissa. Tilavuuslaskennoissa on näistä tekijöistä johtuen olemassa harhan mahdollisuus, sillä inventoidut puut poikkeavat systemaattisesti puista, joilla tilavuusmallit on laadittu. Tärkeää on kuitenkin, että inventoinnit tulokset ovat käytetyillä menetelmillä vertailukelpoisia Metsäntutkimuslaitoksen aiempien julkaisujen tulosten kanssa. Sen vuoksi tutkimuksessa käytettiin yhteneviä aineiston keruun ja käsittelyn keinoja niiden puutteista huolimatta.

Tarkkojen kuviokarttojen puuttuessa tutkimuksessa toteutettu koealapaikkojen maastosijoittelu ei ole otannan kannalta ideaalinen ratkaisu. Koealojen systemaattinen sijoittelu kartta-aineiston avulla olisi parantanut tulosten luotettavuutta.

Mustilan arboretumin havupuumetsiköiden metsänhoidosta, hakkuiden ajoituksesta ja voimakkuudesta ei ollut saatavilla tutkimukseen kirjanpitoa, joten metsiköiden tilavuuden voidaan katsoa olevan vain suuntaa antavia arvioita kunkin puulajin puuntuotoskyvystä eivätkä metsiköiden tilavuudet ole sellaisenaan täysin vertailukelpoisia keskenään tai muihin puuntuotosta koskeviin puulajitutkimuksiin verrattuna. Inventointityyppisessä tutkimuksessa on omat puutteensa eikä tuotosta ja kasvua koskevia päätelmiä voida tuloksista johtaa puulajien erilaisten kasvustrategioiden vuoksi. Esimerkiksi nuorena nopeakasvuisen kontortamännyn viljelyä Ruotsissa ja Fennoskandiassa innoitti Mustilan viljelykset (Elfving ym. 2001), vaikka iäkkäiden metsiköiden inventoinnissa kyseiset metsiköt eivät yllä menestyneimpien lajien kärkisijoille.

Kaiken kaikkiaan inventoinnissa kerättiin kattavasti tietoja aina puuston mitoista tuhoihin, ulkomuodon vaihteluun ja kukintaan. Inventoinnin suorittajana vajavainen asiantuntemukseni tietyissä metsätieteen osa-alueissa näkyy myös tämän tutkimuksen tuloksissa. Esimerkiksi yksittäisen puun tuhon aiheuttaja jäi usein tuntemattomaksi ja erityisasiantuntemus olisi voinut tuottaa sekä tarkempia että virheettömämpiä tuloksia. Myös inhimilliset virheet tietojen kirjaamisessa ja tietojen siirrossa voivat aiheuttaa pientä virhettä tutkimuksen tuloksiin.

4.2 Tulosten pohdinta

Mustilan arboretumissa tehty pitkäaikainen työ on tuottanut arvokasta ja laaja-alaista tietoa ulkomaisten havupuiden viljelystä Etelä-Suomen ilmasto-oloissa. Erityisen urauurtavaa on ollut puulajien kokeileminen riittävän suurina populaationa, joista luonnonvalinnan kautta heikoimmat ja huonoiten sopeutuvat yksilöt ovat karsiutuneet pois. Iso osa viljelyksistä on niin laajoja, että ne on voitu nyt inventoida metsikkökoealojen avulla noin sata vuotta perustamisensa jälkeen luonnonvalinnan tehtyä työnsä. Metsikkötunnusten tarkastelussa ja vertailussa muuhun tutkittuun tietoon on kuitenkin otettava huomioon arboretumin metsänhoidolle tyypilliset erityispiirteet, jotka poikkeavat niin tavanomaisesta metsätaloudesta kuin Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmien hoidosta. Vaikka Mustilassa havupuuviljelyksiä perustettaessa periaatteena oli, että uudet puulajit saavat yhtä vähän erityiskäsittelyä kuin kotimaiset puulajit (Tigerstedt 1922), on Mustila kulttuurikohteena ja puulajipuistona hoidettu varovaisin hakkuin vailla kriteerejä poistuman kokonaismäärästä, rungon keskitilavuudesta ja hakkuun tukkiosuudesta. Metsiköiden maisemallisen merkityksen priorisointi näkyy jo suoraan inventoinneissa havaittujen korjuuvaurioiden erittäin vähäisenä määränä. Tutkimustulosten perusteella ei siis voida suoraan sanoa, mikä kunkin lajin tuotos ja puun tekninen laatu olisi vastaavilla kasvupaikoilla käsittelyn vastatessa suomalaisen metsänhoidon yleisiä tapoja.

Harmillisesti joitain lajeja jäi tutkimuksen ulkopuolelle. Hyväkasvuisena tunnetun euroopanlehtikuusen (*Larix decidua* var. *decidua*) inventointiaineisto hukkui tiedonsiirron yhteydessä ja harmaapihdan (*Abies concolor*) viimeisestä varttuneesta puuyksilöstä löytyi inventointikesänä vain kanto ja yhä vihreät hakkuutähteet maastosta. Mustilan havupuiden inventointi olisi ollut suotavaa suorittaa suurimman osan lajeista saavuttaessa 70 vuoden iän, jolloin tiettyjen lajien ränsistyminen ei olisi ollut yhtä pitkällä ja vertailu Metsäntutkimuslaitoksen julkaisemiin tuloksiin olisi ollut suoraviivaisempaa.

Tiedossa oli jo ennalta, että tietyt lajit ovat menestyneet Mustilan arboretumissa paremmin kuin Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmissä todennäköisesti sopivamman alkuperän ansiosta (Silander ym. 2000). Selkeästi paremmin menestyneitä lajeja ovat purppurapihta, ohotanpihta, japaninpihta, jättituija sekä lännenhemlocki. Mustilassa useiden muidenkin lajien kohdalla puuston hehtaariohtainen tilavuus oli varsin korkeaa. Mustilassa

metsikköinä kasvavista inventoiduista 28 lajista viidellä lajilla metsikön tilavuudeksi mitattiin yli 700 m³/ha ja 16 lajilla yli 500 m³/ha (liite 1), kun Metsäntutkimuslaitoksen metsikköinä mitatuista 41:stä lajista yhdeksällä tilavuus ylitti 500 m³/ha. Inventoinnissa ei löydetty lajeja, jotka olisivat Mustilassa menestyneet merkittävästi heikommin kuin Metsäntutkimuslaitoksen kokeissa. Sen sijaan Metsäntutkimuslaitoksen viljelmissä kasvaa joitain lajeja, joiden kokeileminen arboretumissa voisi olla kiintoisaa viherrakentamismielessä.

Viherrakentamiselle vanhojen viljelysten jatkoseuranta on tärkeää, koska useimmiten puiden istutuksissa haetaan hyvin pitkäaikaisia ratkaisuja. Ikivanhat puisto- ja pihapuut ovat maisemallisesti arvokkaita ja siten pitkään elinvoimaisina säilyvät lajit tuottavat parhaiten katetta alkuinvestoinnille. Tässä inventoinnissa terveiden puiden ja elävän latvuksen osuuden sekä viisivuotiskasvun perusteella elinvoimaisimmat lajit, joilla on rinnankorkeusiltaan yli 80-vuotiaita metsikköistutuksia, olivat balsamipihta, koreanpihta, ohotanpihta, kuriilienlehtikuusi, siperianlehtikuusi, makedonianmänty ja douglaskuusi.

Kotimaisten havupuiden jalostustyössä on saavutettu merkittäviä tuloksia kasvun ja laadun parantamisessa vajaan 70 vuoden aikana (Haapanen ja Mikkola 2008). Jalostushyöty tilavuuskasvussa on arviolta 20-26 % pääpuulajeillamme ja hyviä tuloksia on myös oksakulman ja oksapaksuuden jalostamisen saralla (Haapanen ja Ruotalainen 2007). Pluspuuvalintaan perustuva jalostus on siis tehokas keino monien tärkeiden ominaisuuksien jalostamiseen, mutta huomiotavaa ulkomaisilla havupuillamme on useimpien lajien kohdalla varsin kapean lähtöaineiston tuottama riski geneettisen monimuotoisuuden vähäisyydestä. Ruotsissa kontortamännyn jalostustyö on käynnistetty kanadalaisilla pluspuilla, jotka edustavat 88 eri alkuperää. Alkuperien määrä on huomattavasti korkeampi kuin suurimmalla osalla Suomessa kasvavista ulkomaisista havupuulajeista. Ruotsalaisilla siemenviljelyksillä on saavutettu geneettisillä harvennuksilla ilmasto-oloista riippuen vaihtelevia tuloksia, mutta jalostuspotentiaalia löytyy ja kontortamännyn geneettisen monimuotoisuuden katsotaan olevan hyvällä tolalla (Ericsson ja Danell 1995).

Kenties merkittävimmäksi rajoitteeksi ulkomaisten havupuiden käytössä metsätaloudessa on muodostunut teollisuuden olematon kysyntä ulkomaisten puiden raaka-aineelle. Nykymuotoisessa tehometsätaloudessa tuotantolaitosten kannattavuus perustuu suuriin

volyymeihin. Siten muut metsien käyttöön vaikuttavat tekijät, joita käsitellään alempana, ovat todennäköisempiä syitä käynnistämään ulkomaisten havupuiden laajamittaisempaa käyttöä metsätaloudessa. Toisaalta on myös huomattava, että teollisuuden tarpeiden ennustaminen pelkästään kotimaistenkin puulajiemme osalta on menneisyydessä onnistunut heikosti eikä ole syytä olettaa, että näkisimme puusukupolvien päähän tulevaisuuteen sen selkeämmin kuin aiemminkaan. Esimerkiksi puurakentamisen merkittävä kasvu voisi luoda kysyntää, jota on ennalta vaikea ennustaa. Kotimaiselle lehtikuuselle on tällä hetkellä kysyntää ulkorakenteissa.

Ruotsissa kontortamänty on ulkomaisista puulajeista saavuttanut vain 25 vuodessa merkittävimmän aseman 600 000 hehtaarin viljelysalallaan (Elfving ym. 2001). Puulajia on tutkittu runsaasti niin luontaisen lisääntymisen, metsänhoidollisten toimenpiteiden, kasvillisuusmuutosten, puuaineksen jatkojalostuksen kuin tuhoalttiuden näkökulmasta. Istutukset on tehty nopean sellun tuotantoa tavoitellen, mutta kontortamännyn potentiaali myös sahatavaran tuottamiseen on sittemmin havaittu Ruotsissa vahvaksi. Suomessa vastaavaa innostusta yhteenkään ulkomaiseen puulajiin ole nähty metsätalouden ja metsäntutkimuksen osalta. Ruotsin esimerkki kuitenkin osoittaa, että ulkomaisen puulajin arvon nousu teollisuuden raaka-aineena on mahdollista määrien ollessa riittävän suuria.

Metsäekosysteemien resilienssi on kykyä vastustaa ja palautua häiriöistä. Vaikkakin tieteessä resilienssin osatekijöiden määrittely on yhä hajanaista, tiedetään biodiversiteetin olevan suuressa roolissa ekosysteemin resilienssille (Yan ym. 2011). Ulkomaisten havupuiden viljely on yksi keino kasvattaa pohjoisten metsäekosysteemien resilienssiä puulajiston rikkautta lisäämällä. Keski-Euroopassa on viimeisen vuosikymmenen aikana realisoitunut metsätuhojen uhka, jollaista ei ole modernin metsätalouden aikana nähty. Vastaavat massaepidemiat mille tahansa pääpuulajeistamme olisi valtaisa isku Suomen metsätaloudelle ja -teollisuudelle. Sekametsien suosimisen metsänhoidossa on arveltu auttavan ilmastonmuutokseen varautumisessa (Valsta 2002), sillä metsätuhot ovat useimmiten puulajikohtaisia. Jotkut kotoiset tuholaislajit vaivaavat myös ulkomaisia puulajeja (Rytter ym. 2016). Taloudellisesti tärkeiden puulajien määrän rikastuttamisesta on kirjallisuudessa kuitenkin vain hajanaisia merkintöjä (mm. Leikola 1996).

Myös ulkomaisten havupuiden kohdalla on tietysti riski uusienkin tuhojen ilmenemisestä ilmastonmuutoksen seurauksena. Tuhojen kehittymisen jatkoseuranta on siis edelleen

suotavaa tästäkin näkökulmasta. Mikäli ulkomaisia havupuuviljelyksiä haluttaisiin säilyttää reservinä tulevaisuuden metsätaloudellisia tarkoituksia varten, on myös metsiköiden uudistaminen ajankohtaista. Eri kiertovaiheessa olevien metsiköiden tuhojen tarkkailu antaa kokonaisvaltaisemman kuvan lajien menestymisestä muuttuvassa ilmastossa ja sen aiheuttamien seurannaisvaikutusten alaisuudessa. Mikäli tuhojen tarkkailu rajoittuu Metsäntutkimuslaitoksen koeviljelmien ja Mustilan arboretumin iäkkäisiin metsiköihin, voi syntyä virheellinen kuva lajien tuhoherkkyydestä.

Ilmastonmuutoskeskustelussa metsätalouden merkitystä on pyöritelty etenkin hiilensidonnan ja -varastoinnin näkökulmasta. Ulkomaisista havupuista löytyy runsaasti vaihtoehtoja tehokkaampaan biomassan tuottamiseen kuin kotoisista puulajeistamme. Tietyillä erityisesti nuorena nopeakasvuilla lajeilla voisi saavuttaa merkittäviä tuloksia hiilensidonnassa jo muutaman vuosikymmenen aikajänteellä. Ulkomaisten puiden biomassatuotoksen seurantatutkimus ja tutkimustulokset Skandinaviassa ovat varsin vähäisiä, mutta metsikkötasolla 50-100 prosentin lisäys tuotokseen metsikkötasolla arvioidaan olevan mahdollista uusilla puulajeilla ja korkeaan tuotokseen tähtäävillä käsittelytavoilla (Rytter ym. 2016). Valtion tuki ja ohjaus on ollut Suomessa merkittävässä roolissa modernin tehometsätalouden suunnan linjauksissa. Niitä voidaan olettaa tarvittavan myös metsiä koskevien ilmastotavoitteiden täyttämiseksi. Metsänomistajan näkökulmasta on ongelmallista, että ulkomaalaiset puulajit eivät ole sertifiointin piirissä, mikä edelleen lisää tuottajan riskiä puiden myyntiin saamisessa, joten kannustimet olisivat tässäkin mielessä tarpeellisia. Mustilassa hyvin menestyneiden lajien metsiköt tarjoavat hyvän lisäyslähteen ulkomaisten puulajien viljelyyn ja arboretumin henkilökunnalla on tarvittavat tiedot kasvupaikka- ja menestymisvyöhykevaatimuksista.

Suomessa hiilidioksidipäästöjen kannalta erityisen merkityksellinen maankäyttömuoto ovat turvepellot, joiden ennallistamiseen etsitään kuumaisesti ratkaisuja. Merkittävä päästövähennys saavutettaisiin vuosikymmenien kuluessa, mikäli metsitystä toteutettaisiin riittävän laajassa mittakaavassa (Kärkkäinen ym. 2019). Turvepeltojen metsityksen onnistuminen on ollut kivennäismaanpeltoja ongelmallisempaa (Kinnunen 1995). Yksittäisen metsitettävän turvepellon hiilitaseelle olisi merkittävää, jos ulkomaisista puulajeista löytyisi kotimaisia lajeja merkittävästi parempikasvuisia lajeja, jotka menestyvät turvepelloilla.

Inventoinnin tuottamat tulokset ovat arboretumille käyttökelpoinen apuväline lisäysmateriaalin valinnassa. Kasvatettavaksi tarkoitetut luonnontaimet voidaan poimia laadukkaammista ja paremmin menestyneistä metsiköistä niiden lajien kohdalla, joita edustaa useampi ryhmä tai metsikkö. Tulevaisuudessa mahdollisen jalostuksen kohdennusta ja tarkoituksenmukaisuutta on syytä pohtia pidemmälle. Viherrakentamiselle merkityksellisten ominaisuuksien heritabiliteetistä havupuilla ei juurikaan ole tutkimusta ja on huomattava, että myös tämän tutkimuksen inventoitujen ominaisuuksien periytyvyydessä on todennäköisesti eroja. Mikäli teknologian kehitys ja halventuminen mahdollistavat kasvullisen lisäyksen kautta viherrakentamismateriaalin jalostamisen, on Mustilan arboretumista tässä tutkimuksessa kerätty tieto fenotyypin vaihtelun määrästä ominaisuuksittain jälleen käytettävissä.

Kiitokset

Ensinnä haluaisin kiittää ohjaajaani professori Pasi Puttosta Helsingin yliopistolta koko graduprosessin aikaisesta tuesta ja neuvoista. Erityiskiitos myös Mustilan arboretumin toiminnanjohtajalle Jukka Reinikaiselle asiantuntemuksesta ja Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Teijo Nikkaselle, asiantuntija Esko Oksalle ja tutkija Arto Aholalle avuliaisuudesta niin mittausten suunnittelussa kuin välttämättömien mittavälineiden hankinnassa. Kiitokset yliopistonlehtori Ilkka Korpelalle tärkeästä avusta aineiston käsittelyssä.

Kolmen kuukauden inventointityöt rahoitti Metsänjalostussäätiö. Kiitokset stipendistä, jota ilman tutkielmaa ei olisi syntynyt.

Lähteet

Ericsson, T. Danell, Ö. 1995 Genetic Evaluation, Multiple-trait Selection Criteria and Genetic Thinning of *Pinus contorta* var. *latifolia* Seed Orchards in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 10: 313-325.

Elfving, B. Ericsson, T. Rosvall, O. 2001. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden - a review. Forest Ecology and management 141:15-29.

Haapanen, M. ja Mikola, J. 2008. Metsänjalostus 2050 – pitkänaikavälin metsänjalostusohjelma. Metlan työraportteja 71. 50 s.

Haapanen, M. ja Ruotsalainen, S. 2007. Siemenviljelyssiemenen jalostushyödyt lunastavat metsänjalostuksen lupaukset. Taimiuutiset 2/2007

Hämet-Ahti, L., Palmén, A., Alanko, P. & Tigerstedt, P.M.A. 1992. Suomen puu- ja pensaskasvio. Dendrologian seura, Helsinki. 373 s.

Karhu, N. 1995. Vihreät jättiläiset, Suomen paksuimmat puut. Dendrologian seura, Helsinki. 221 s.

Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581: 53–62.

Korhonen Kari T. (toim.) VMI12 Maastotyöohje 2017. Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos, Valtakunnan metsien inventointi VMI, Joensuu 107 s.

Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch (Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 108. 74 s.

Leikola, M. Kuinka metsänhoitomme sopeutuu ilmaston muutokseen. 1996. Folia Forestalia 3/1996: 296-301.

Lepistö, M. & Napola, J. 2005. Siperianlehtikuusi – viljely, käyttö ja jalostus. Metsätieteen aikakausikirja 2/2005: 186-194.

Lumoava metsäpuisto Arboretum Mustila. 2010. Arboretum Mustilan Ystävät Ry. Kariston Kirjapaino Oy, Hämeenlinna. 160 s.

Luonnonvarakeskus. 2017. Siitepölyallergikoille jälleen helpohko kevät. [Verkkouutinen]. Saatavissa: <https://www.luke.fi/uutinen/siitepolyallergikoille-jalleen-helpohko-kevat/>. [viitattu 9.3.2020].

Lähde, E., Werren, M., Ehtolén, K. & Silander, V. 1984. Ulkomaisten havupuulajien varttuneista viljelmistä Suomessa. Communicationes instituti forestalis fenniae. 125. 61 s.

Kärkkäinen, L. Haakana, M., Heikkinen, J., Helin, J., Hirvelä, H., Jauhiainen, L., Laturi, J., Lehtonen, H., Lintunen, J., Niskanen, J., Ollila, P., Peltonen-Sainio, P., Regina, K., Salminen, O., Tuomainen, T., Uusivuori, J., Wall, A. & Packalen, T. 2019. Maankäyttösektorin toimien mahdollisuudet ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 67/2018. 68 s.

Mustila arboretum as a centre for introducing and breeding shrubs and trees. 1992. Proceedings of the 90th anniversary jubilee symposium of Mustila arboretum. Yliopistopaino, Helsinki. 116 s.

Sarvas, R. 1964. Havupuut. WSOY, Porvoo. 518 s.

Silander, V., Lehtonen, J. & Nikkanen, T. 2000. Ulkomaisten havupuulajien menestyminen Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 787.

Rytter, L., Ingerslev, M., Kilpeläinen, A., Torssonen, P., Lazdina, D., Löf, M., Madsen, P., Muiste, P. & Stener, L.-G. (2016). Increased forest biomass production in the Nordic and

Baltic countries – a review on current and future opportunities. *Silva Fennica* vol. 50 no. 5. Id 1660.

Tigerstedt, A.F. 1922. *Mustilan kotikunnas*. WSOY, Porvoo. 231 s.

Valsta, L. 2002. Miten metsissä voidaan varautua epävarmaan tulevaisuuteen? *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 651-564.

Vuokila, Y. (toim.). 1987. *Metsikkökokeiden maastotyöohjeet*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. 237 s.

Vuokila, Y. 1960. Lehtikuusen kuutioimisytälöt ja -taulukot. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 51. 89 s.

Yan, H., Zhan, J., Zhang, T., 2011. Resilience of Forest Ecosystems and its Influencing Factors. *Procedia Environmental Sciences* 10: 2201 – 2206.

WWW-sivut:

www.mustila.fi/kasvupaikka viitattu 2.5.2017

Liitteet

Liite 1. Puulajiviljelmien kasvu- ja laatumittausten tulokset.

Tunnus	Kasvupaikka- tyyppi	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
Saksanpihta			<i>Abies alba</i>					
R52		68			25,5	45,4	73 %	
Purppurapihta			<i>Abies amabilis</i>					
M1	MT	68	597	301	28,3	56,7	35 %	8 %
Y53		e			24,3	56,3	77 %	
R54		e			34,4	75,5	86 %	
R55		71			28,5	45,7	80 %	
Balsamipihta			<i>Abies balsamea</i>					
M2	OMT	92	505	354	31,2	39,0	56 %	20 %
Troijanpihta			<i>Abies equitrojaniai</i>					
R56		32			15,4	26,1	89 %	
Ussurinpihta			<i>Abies holophylla</i>					
M3	OMT	76	431	275	26,5	46,7	28 %	27 %
Y57		e			27,6	69,4	72 %	
R58		48			21,4	41,3	68 %	
Nikonpihta			<i>Abies homolepis</i>					
Y59		e			16,0	48,1	84 %	
Koreanpihta			<i>Abies koreana</i>					
M4	OMT	79	201	275	21,2	36,9	46 %	18 %
M5	OMT	85	276	314	21,2	42,8	42 %	18 %
Lännenpihta			<i>Abies lasiocarpa</i> var. <i>arizonica</i>					
R60		e			24,9	36,0	39 %	
Honsunpihta			<i>Abies mariesii</i>					
R61		e			13,8	39,9	83 %	
Ohotanpihta			<i>Abies nephrolepis</i>					
M6	MT	67	430	334	27,9	43,3	35 %	14 %
M7	OMT	86	378	354	28,2	37,0	51 %	23 %
R62		e			24,0	49,7	78 %	
Sahalainpihta			<i>Abies sachalinensis</i>					
M8	MT	98	668	314	27,7	55,0	37 %	16 %
Siperianpihta			<i>Abies sibirica</i>					
M9	OMT	93	383	275	29,7	43,8	42 %	29 %
M10	OMT	75	297	354	25,0	34,6	55 %	24 %
Japaninpihta			<i>Abies veitchii</i>					
M11	MT	72	527	354	27,0	47,3	53 %	21 %
Lawsoninsypressi			<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>					
Y63		0			6,0	9,7	90 %	

Tunnus	Kasvupaikka- tyyppi	Ikä	Puusto (m ³ /ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
Hernesypressi						<i>Chamaecyparis pisifera</i>		
R64		e			13,0	15,1	69 %	
R65		e			16,1	22,6	48 %	
Nuutkansypressi						<i>Cupressus nootkatensis</i>		
R66		e			10,9	16,6	72 %	
Puolanlehtikuusi						<i>Larix decidua</i> var. <i>polonica</i>		
M15	OMT	e	915	177	39,4	76,4	41 %	21 %
Kuriilienlehtikuusi						<i>Larix gmelinii</i> var. <i>kuriliensis</i>		
M16	OMaT	87	568	236	34,6	50,6	37 %	37 %
M17	OMT	94	614	236	35,3	52,3	41 %	40 %
M18	MT	83	500	265	32,5	48,0	48 %	32 %
Hybridilehtikuusi 1						<i>Larix hybrid 1</i>		
M13	OMT	78	537	432	28,1	41,6	37 %	26 %
Hybridilehtikuusi 2						<i>Larix hybrid 2</i>		
M14	MT	80	328	196	28,3	49,9	45 %	10 %
Kanadanlehtikuusi						<i>Larix laricina</i>		
M19	MT	84	375	314	29,0	40,1	22 %	25 %
Lännenlehtikuusi						<i>Larix occidentalis</i>		
R68		e			19,5	22,0	31 %	
Y70		30			36,5	56,0	71 %	
Olganlehtikuusi						<i>Larix olgensis</i>		
R70		63			33,2	65,1	72 %	
Siperianlehtikuusi						<i>Larix sibirica</i>		
M20	OMT	79	556	226	34,1	54,0	54 %	33 %
M21	MT	97	593	275	31,3	57,9	23 %	24 %
M22	OMT	81	386	246	32,2	42,2	53 %	38 %
Siperianlehtikuusi x kuriilienlehtikuusi						<i>Larix x sibirolepis</i>		
M12	OMT	79	507	288	32,1	47,5	35 %	40 %
Siperiankuusi						<i>Picea abies</i> ssp. <i>obovata</i>		
M23	OMT	94	695	275	34,1	60,1	28 %	23 %
Kiinankuusi						<i>Picea asperata</i>		
R72		59			18,2	22,9	40 %	
Glehninkuusi						<i>Picea glehnii</i>		
M24	OMT	72	486	314	26,7	53,7	50 %	12 %
Ajaninkuusi						<i>Picea jezoensis</i>		
M25	OMT	94	325	354	24,0	43,2	62 %	39 %
M26	OMT	70	425	432	25,3	41,4	47 %	31 %

Tunnus	Kasvupaikka- tyyppi	Ikä	Puusto (m3/ha)	Puita (kpl/ha)	Pituus (m)	Läpimitta (cm)	Elävä latvus	Oksaton runko
Serbiankuusi			<i>Picea omorika</i>					
M27	VT	95	960	648	31,7	45,4	35 %	21 %
M28	OMT	91	886	511	33,8	45,6	39 %	25 %
M29	OMT	100	800	589	33,3	37,4	43 %	24 %
M30	OMaT	89	513	707	24,2	35,0	35 %	15 %
M31	OMT	72	500	707	24,7	33,8	34 %	11 %
Mustakuusi x serbiankuusi			<i>Picea x mariorika</i>					
R71		60			7,6	10,0	74 %	
Kontortamänty			<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i>					
M32	OMT	77	501	275	30,3	47,8	56 %	33 %
M33	MT	77	511	393	29,1	42,0	57 %	31 %
Makedonianmänty			<i>Pinus peuce</i>					
M34	VT	91	491	367	25,2	45,0	54 %	26 %
M35	VT	87	497	354	26,5	46,4	51 %	31 %
M36	OMT	43	209	393	18,1	31,8	35 %	22 %
M37	OMT	96	709	354	29,2	53,0	63 %	37 %
M38	OMT	95	629	393	29,4	47,3	64 %	41 %
M39	MT	94	499	314	26,0	44,9	54 %	28 %
Siperianseembra			<i>Pinus cembra</i> ssp. <i>sibirica</i>					
M40	OMT	70	146	236	19,3	33,4	70 %	34 %
Douglaskuusi			<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i>					
M41	OMaT	102	787	255	38,9	55,8	48 %	25 %
M42	OMT	79	421	275	28,4	44,8	52 %	24 %
M43	OMT	70	556	314	31,9	46,8	57 %	13 %
R73		98			30,5	55,6	56 %	
Kanadantuija			<i>Thuja occidentalis</i>					
M44	OMaT	56	260	1100	14,7	29,4	36 %	27 %
M45	OMT	82	164	354	19,0	32,1	13 %	18 %
M46	OMT	78	208	694	15,3	30,8	14 %	20 %
M47	OMT	97	189	393	18,5	32,5	10 %	22 %
Jättituija			<i>Thuja plicata</i>					
M48	OMT	65	556	511	22,9	51,7	41 %	25 %
Kanadanhemlockki			<i>Tsuga canadensis</i>					
R74		e			23,3	53,3	76 %	
Japaninhemlockki			<i>Tsuga diversifolia</i>					
M49	OMaT	51	184	393	16,0	35,4	33 %	16 %
R75		55			14,1	30,3	77 %	
Lännenhemlockki			<i>Tsuga heterophylla</i>					
M50	MT	72	725	334	29,7	55,6	38 %	14 %
Vuorihemlockki			<i>Tsuga mertensiana</i>					
M51	OMT	55	268	629	17,6	31,4	31 %	8 %

Liite 2. Metsiköiden ja ryhmien fenotyypin vaihtelun määrä (0 = ei vaihtelua, 1 = jonkin verran vaihtelua, 2 = runsaasti vaihtelua).

Tunnus	Puulaji	Neulasten sinertävyys	Harsuuntu-misaste	Latvuksen leveys	Oksakulma	Käpyrunsaus	Kukinto-runsaus	Haaroittuneiden puiden osuus, %
R52	<i>A. alba</i>	0	0	0	0	0	0	0
M1	<i>A. amabilis</i>	0	0	0	1	0	2	5
R54	<i>A. amabilis</i>	0	0	0	0	0	0	0
R55	<i>A. amabilis</i>	0	0	0	1	0	1	0
M2	<i>A. balsamea</i>	0	1	0	0	1	1	0
R56	<i>A. equitrojjanii</i>	0	0	0	0	0	0	0
M3	<i>A. holophylla</i>	0	0	1	0	0	1	10
R58	<i>A. holophylla</i>	0	0	0	0	1	0	0
M4	<i>A. koreana</i>	0	0	0	0	0	0	5
M5	<i>A. koreana</i>	0	0	0	0	0	0	5
R60	<i>A. laciocarpa</i> var. <i>arizonica</i>	2	0	1	0	2	0	50
R61	<i>A. mariesii</i>	0	2	0	1	0	0	0
M6	<i>A. nephrolepis</i>	1	1	0	0	0	0	5
M7	<i>A. nephrolepis</i>	1	0	0	0	0	2	0
R62	<i>A. nephrolepis</i>	0	1	0	0	0	0	0
M8	<i>A. sachaliensis</i>	0	0	0	0	0	1	0
M9	<i>A. sibirica</i>	0	0	0	1	0	0	60
M10	<i>A. sibirica</i>	0	2	1	0	2	1	40
M11	<i>A. veitchii</i>	0	0	1	1	0	2	5
R64	<i>C. pisifera</i>	0	0	0	0	1	0	30
R65	<i>C. pisifera</i>	0	1	0	0	1	1	100
R66	<i>C. nootkatensis</i>	0	0	0	0	1	1	80
M15	<i>L. decidua</i> var. <i>polonica</i>	0	0	0	0	0	1	0
M16	<i>L. gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	0	0	0	1	0	0	0
M17	<i>L. gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	0	1	0	0	1	1	5
M18	<i>L. gmelinii</i> var. <i>japonica</i>	0	1	1	0	0	2	20
M19	<i>L. laricina</i>	0	1	1	0	0	0	50
R68	<i>L. occidentalis</i>	0	2	1	0	0	0	20
R70	<i>L. olgensis</i>	0	2	0	0	1	2	0
M20	<i>L. sibirica</i>	0	0	0	0	1	1	5
M21	<i>L. sibirica</i>	0	2	2	0	0	1	10
M22	<i>L. sibirica</i>	0	1	1	0	2	0	0
M12	<i>L. x sibirolepis</i>	0	1	0	0	1	0	0
M13	<i>L. hybrid</i> 1	0	1	1	0	0	1	20
M14	<i>L. hybrid</i> 2	0	0	1	0	1	1	0

Tunnus	Puulaji	Neulasten sinertävyys	Harsuuntu-misaste	Latvuksen leveys	Oksakulma	Käpyrunsaus	Kukinto-runsaus	Haaroittuneiden puiden osuus, %
M23	<i>P. abies</i> ssp. <i>obovata</i>	0	0	0	0	2	2	0
R72	<i>P. asperata</i>	0	2	0	0	2	2	0
M24	<i>P. glehnii</i>	0	0	0	0	0	0	0
M25	<i>P. jezoensis</i>	0	0	0	0	2	1	0
M26	<i>P. jezoensis</i>	2	0	0	0	1	1	0
M27	<i>P. omorika</i>	0	0	0	0	2	1	30
M28	<i>P. omorika</i>	0	0	1	0	1	1	30
M29	<i>P. omorika</i>	1	0	1	1	1	1	5
M30	<i>P. omorika</i>	0	0	1	0	0	0	5
M31	<i>P. omorika</i>	0	0	0	1	1	2	20
R71	<i>P. x mariorika</i>	0	0	0	0	0	0	0
M40	<i>P. cembra</i> ssp. <i>sibirica</i>	0	2	2	2	2	0	50
M32	<i>P. contorta</i> var. <i>latifolia</i>	0	2	0	0	2	0	20
M33	<i>P. contorta</i> var. <i>latifolia</i>	0	0	1	0	0	2	30
M34	<i>P. peuce</i>	0	0	0	0	0	0	30
M35	<i>P. peuce</i>	0	0	1	0	1	0	5
M36	<i>P. peuce</i>	0	0	0	1	0	0	5
M37	<i>P. peuce</i>	0	0	0	1	0	2	5
M38	<i>P. peuce</i>	0	0	0	0	0	0	10
M39	<i>P. peuce</i>	0	0	0	0	0	0	10
M41	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	1	1	0	0	2	0	2
M42	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	1	2	0	1	2	2	0
M43	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	1	1	0	0	1	2	20
R73	<i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i>	2	1	0	0	1	e	0
M44	<i>T. occidentalis</i>	0	2	0	0	0	0	95
M45	<i>T. occidentalis</i>	0	1	1	0	0	1	5
M46	<i>T. occidentalis</i>	0	2	0	0	0	0	60
M47	<i>T. occidentalis</i>	0	2	0	0	0	0	40
M48	<i>T. plicata</i>	0	0	0	0	0	1	40
R74	<i>T. canadensis</i>	0	0	0	0	1	0	90
M49	<i>T. diversifolia</i>	0	0	1	0	2	1	80
R75	<i>T. diversifolia</i>	0	0	0	0	2	1	0
M50	<i>T. heterophylla</i>	0	0	0	0	0	0	10
M51	<i>T. mertensiana</i>	0	0	1	0	2	2	0

Liite 3. Metsiköiden lukupuiden läpimittajakauma ja rungon tilavuusjakauma puulajeittain.

